उष्णता.

लेखक

श्री. स. पेंढरकर

बी. एस. सी. एल्. टी.

उष्णता

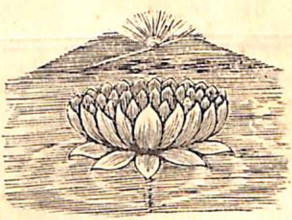
हायस्कूलच्या विद्यार्थ्यांकारितां.

लेखक

श्रीपाद सखाराम पेंढरकर बी. एस्. सी. एल्. टी.

सायन्स टीचर

हिंदूहायस्कूल अमरावती.



१९२४

प्रकरणाच्या शेवटीं देऊन हें पुस्तक विद्यार्थ्यांना जास्त उपयुक्त करण्याचा शक्य तितका प्रयत्न केला आहे.

प्रुफें तपासतांना माझ्या नजरचुकीनें ज्या कांहीं चुका पुस्तकांत राहिल्या त्या शुद्धिपत्रांत दिल्या आहेत. अजून कांहीं चुका राहिल्या असल्यास त्या माझ्या नजरेला आणून देणारांचा मी फार आभारी होईन. त्याचप्रमाणें विषयाच्या मांडणीबद्दल व प्रयोगांसंबंधीं कोणीं कांहीं सूचना केल्या तर त्यांचाही मी फार आभारी होईन व त्यांच्या ह्या सूचनांचा विचार पुढील आवृत्तीच्या वेळीं जरूर केला जाईल.

श्रीयुत मा. रा. परांजपे न्यू पूना कालेजांतील प्रोफेसर व श्रीयुत रा. द्दा. देसाई वाई पाठशाळेचे मुख्याध्यापक, यांनीं माझी हस्तलिखित प्रत वाचून कांहीं उपयुक्त सूचना केल्या; त्याचप्रमाणें श्रीयुत भावे ड्राईंग मास्तर यांनीं थोड्या वेळांत आकृत्या चांगल्या काढून दिल्या, श्रीयुत शंकरराव दाते यांनीं आपली प्रकृति चांगली नसतांना देखील आकृत्यांच्या ब्लाकचे काम चांगलें करून दिलें, व श्रीयुत केशवराव गोंधळेकर, जगद्धितेच्छु छापखान्याचे मालक यांनीं मुद्रणाचें काम व्यवस्थेशीर व सुबक करून दिलें, यांबद्दल ह्या सर्वांचा मी फार आभारी आहे.

ह्या पुस्तकाच्या बाबतींत मला अन्य तऱ्हेची थोडी बहुत मदत माझ्या पुष्कळ मित्रांनीं केली. ह्या सर्वांचा नामनिर्देश ह्या ठिकाणीं करणें अशक्य आहे. ह्या सर्व मित्रांचे आभार मानून मी ही प्रस्तावना पुरी करतों.

अमरावती,
आगष्ट १ ली १९२४. } श्री. स. पेंढरकर.

अनुक्रमणिका.

उष्णता

प्रकरण १ लें.

उष्णता व तिचे पदार्थांवर होणारे परिणाम.

उष्णतेचें स्वरूपः—एकादा तापविलेला पदार्थ हातावर घेतल्यास तो हाताला गरम लागतो. तो पदार्थ हाताला गरम लागण्याचें कारण त्या पदार्थांमध्यें आलेली उष्णता हें असतें. उष्णता कांहीं पदार्थ नव्हे. प्रत्येक पदार्थाला वजन असलेंच पाहिजे. उष्णता जर पदार्थ असता तर, पदार्थांना तापविल्यावर त्यांचें वजन वाढलें असतें; पण उष्णतेमुळें पदार्थांच्या वजनांत फरक पडत नाहीं. सृष्टीमधील अनंत शक्तींपैकीं उष्णता ही एक शक्ति आहे.

उष्णतेचीं उगमस्थानें:—१. सूर्य.

२. घर्षण व आघात.

जेव्हां दोन पदार्थ एकमेकांवर घांसतात किंवा आपटतात त्यावेळीं उष्णता उत्पन्न होते.

३. रासायनिक क्रिया (ज्वलनक्रिया वगैरे).

४. विद्युत्.

५. पृथ्वीः—पृथ्वीच्या अंतर्भागांत पुष्कळ उष्णता आहे. ज्वालामुखी पर्वत आपलें कार्य करूं लागले म्हणजे त्यांच्या मुखांतून बाहेर पडणाऱ्या पदार्थांबरोबर आंतील उष्णता बाहेर पडत असलेली आपल्याला समजते.

उष्णतेला वजन नाहीं, रंग नाहीं, आकार नाहीं व म्हणून उष्णतेचें ज्ञान, तिचे पदार्थांवर जे परिणाम होतात ते पाहून मात्र होतें.

उष्णतेचे पदार्थांवरील सामान्य परिणामः—

१. उष्णतामानांतील वाढ.

२. आकारमानांतील वाढ किंवा प्रसरण.

३. स्थितींतील बदल.

उष्णतेमुळें कांहीं पदार्थांत रासायनिक बदल होतो, कांहीं पदार्थांच्या रंगांत व लवचिकपणांत बदल होतो व दुसरेही कित्येक परिणाम होतात; पण सध्यां आपल्याला वरील तीन परिणामांचाच फक्त विचार करावयाचा आहे.

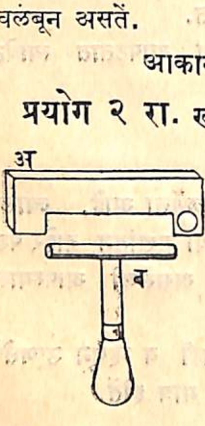
उष्णतामानांतील वाढ.

प्रयोग १ ला. एक लोखंडाचा गज किंवा खिळा स्पिरिटच्या दिव्याच्या ज्योतींत धरून तापवा.तो जसजसा जास्त तापेल तसतसा हाताला जास्त उष्ण लागेल व अशा रीतीनें त्याचें उष्णतामान वाढत चाललेलें आढळून येईल. ह्याचप्रमाणें कोणताही पदार्थ तापविला असतां त्याचें उष्णतामान बहुतेक वाढतें असें दिसून येईल.

पदार्थांच्या भासमान होणाऱ्या उष्णताविषयक स्थितीला उष्णतामान असें म्हणतात. एका पदार्थाकडून दुसऱ्या पदार्थाकडे उष्णता जाणें हें त्या पदार्थांच्या ह्या उष्णताविषयक स्थितीवर अथवा उष्णतामानावर अवलंबून असतें.

आकारमानांतील वाढ किंवा प्रसरण.

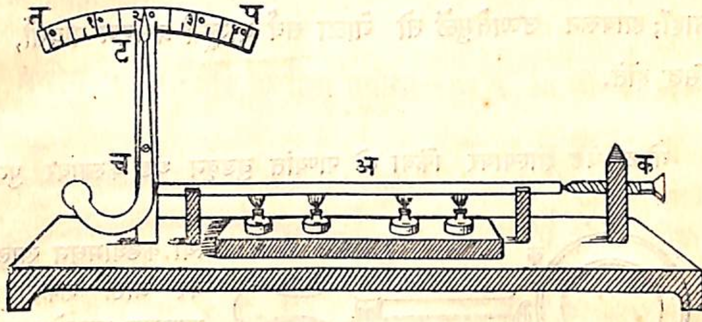
प्रयोग २ रा. खांचेची पितळी पट्टी व गज यांचा प्रयोगः—



(आ. १ ली.)

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें अ ह्या पितळी पट्टीच्या खांचेंत ब हा गज तापविण्यापूर्वीं बरोबर बसतो. गज चांगला तापवा व नंतर तो त्या खाचेंत बसतो काय पहा. आतां तो त्या खाचेंत बसत नाहीं. अर्थात् तापविल्यामुळें गजाची लांबी वाढली असली पाहिजे. गज थंड झाल्यावर तो पुनः त्या खाचेंत बरोबर बसतो; ह्यावरून थंड होण्यामुळें गजाचें आकुंचन होतें हेंही सिद्ध होतें.

प्रयोग ३ रा. फरग्युसनच्या पायरामिटरचा प्रयोगः—



(आ. २ री.)

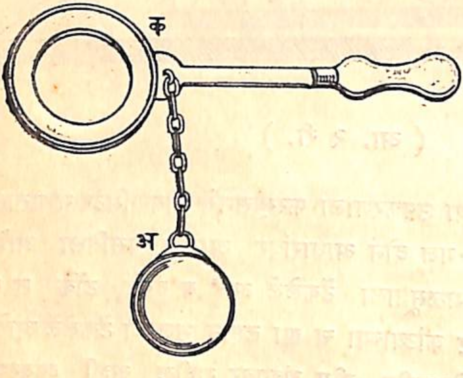
आकृतींत दाखविलेल्या उपकरणाला फरग्युसनचें पायरामिटर म्हणतात. **अ** हा एकाद्या धातूचा गज दोन आधारांवर आडवा बसविला आहे. त्याचें एक टोंक **क** ह्या मळसूत्राला टेंकलेलें आहे व दुसरें टोंक **त प** स्केलवर फिरणाऱ्या **च ट** कांट्याच्या **च** ह्या लहान भुजाला टेंकलेलें आहे. प्रथम कांट्याचें टोंक स्केलवरील वीस अंशावर राहील अशी व्यवस्था करून गजाखालचे दिवे पेटवावे. गज जसजसा जास्त तापतो तसतसा **च ट** कांटा स्केलवर **प** टोंकाकडे सरकत जातो. अर्थात् कांट्याचा **च** भुज पुढें ढकलला जात असला पाहिजे, व ही गोष्ट गजाच्या लांबींत वाढ होईल तेव्हांच शक्य आहे. ह्यावरून उष्णतेमुळें गजाची लांबी वाढली हें सिद्ध होतें.

प्रयोग ४ था. ग्रेव्हस्यांडचा कडें व गोळा ह्यांचा प्रयोगः—

अ हा पितळेचा लहान गोळा आहे व **क** हें पितळेचें कडें आहे. जेव्हां दोहोंचें उष्णतामान सारखेंच असतें तेव्हां **अ** हा गोळा **क** कड्यांतून

खाल वर जाऊं शकतो; पण तो गोळा चांगला तापवून मग तो त्या कड्यावर कशाही रीतीनें फिरवून ठेविला तरी तो त्यांतून खालीं उतरत नाहीं; ह्यावरून उष्णतेमुळें तो गोळा सर्व बाजूनीं प्रसरण पावतो, हें सिद्ध होतें.

गोळा थंड झाल्यावर किंवा तो पाण्यांत बुडवून थंड केल्यावर पुनः त्या कड्यामधून खाल-वर जाऊं शकतो व ह्यावरून थंड होण्यामुळें त्या गोळ्याचें आकुंचन होतें हेंहीं सिद्ध होतें.

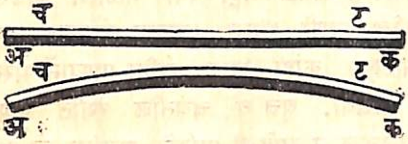


(आ. ३ री.)

वरील प्रयोगांवरून असें दिसून येतें कीं, पदार्थ उष्ण केल्यास प्रसरण पावतात व थंड केल्यास आकुंचन पावतात. वास्तविक पाहतां पदार्थांचें प्रसरण किंवा आकुंचन हें त्यांच्या सर्व बाजूनीं (लांबी, रुंदी व उंची) होतें व अशा रीतीनें पदार्थांच्या आकारमानांत झालेल्या वाढीला **आकारमानाचें प्रसरण** (Cubical expansion) म्हणतात. घन पदार्थ तापविले असतां त्यांच्या पृष्ठभागाच्या क्षेत्रफळांत होणाऱ्या वाढीला **क्षेत्रफळाचें प्रसरण** (Superficial expansion) **म्हणतात** व लांबीमध्यें झालेल्या वाढीला **लांबीचें प्रसरण** (Linear expansion) म्हणतात.

निरनिराळे घन पदार्थ सारखेच तापविले असतां ते सारखेंच प्रसरण पावतात, कीं निरनिराळ्या प्रमाणांत प्रसरण पावतात, हें पाहण्याकरितां पुढील प्रयोग करावा.

प्रयोग ५ वा. जोड कांबीचा प्रयोगः—अ क ह्या लोखंडी पट्टीवर च ट ही सारख्या लांबीची पितळेची पट्टी खिळ्यांनीं पक्की जोडलेली आहे. प्रथम थंड असतांना ही जोड पट्टी



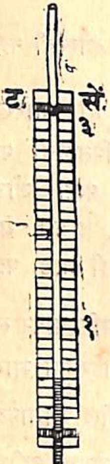
(आ. ४ थी.)

सरळ असते. तिला आतां तापवा व काय होतें तें पहा. तापविल्यावर त्या जोडपट्टीचा वर्तुळ कंस होतो व नेहमीं ह्या वर्तुळकंसाच्या बाहेरच्या भागीं पितळेची पट्टी असते. जोड वर्तुळकंसांत बाहेरचा भाग आंतील भागापेक्षां जास्त लांब असतो. अर्थात् जोड पट्टी उष्ण केल्यावर पितळेच्या पट्टीची लांबी लोखंडी पट्टीच्या लांबीपेक्षां जास्त होते. तेव्हां उष्णतेमुळें झालेलें पितळेच्या पट्टीचें प्रसरण सारख्याच लांबीच्या लोखंडी पट्टीच्या प्रसरणापेक्षां जास्त असलें पाहिजे. जोड पट्टीला एकदम एकाच दिव्यानें तापविलें असल्यामुळें ह्या दोन्ही पट्यांच्या उष्णतामानांत सारखीच वाढ होते. तेव्हां उष्णतामानांत सारखीच वाढ झाली असतां ह्या सारख्या लांबीच्या दोन पदार्थांचें प्रसरण निरनिराळ्या प्रमाणांत होतें, हें सिद्ध होतें. ह्याचप्रमाणें दुसऱ्याही पदार्थांचें प्रसरण निरनिराळ्या प्रमाणांत होतें हेंही दाखवितां येईल.

उष्णतेमुळें घन पदार्थ प्रसरण पावतात हें वर दाखविलें. द्रव पदार्थ व वायुरूप पदार्थांवर उष्णतेचा काय परिणाम होतो हें आतां पाहूं.

द्रव पदार्थांचें प्रसरण.

प्रयोग ६ वा:—क हा एक कांचेचा लहान चंबू आहे. ग हें त्याच्या तोंडांत घट्ट बसणारें रबरी बूच असून त्या बुचांत च ही कांचेची नळी घट्ट बसविलेली आहे व ट ही भाग पाडलेली लांकडाची पातळ पट्टी त्या नळीला जोडली आहे. चंबूंत रंगीत पाणी भरून त्याच्या तोंडावर बूच बसविल्यावर नळीचा कांहीं भाग रंगीत पाण्यानें भरेल अशी व्यवस्था करावी. बूच व चंबूंतील रंगीत पाणी ह्यामध्यें हवा बिलकुल न राहिली पाहिजे. ह्यानंतर तो चंबू गरम पाण्यांत बुडवा. नळींतील रंगीत पाणी प्रथम थोडें खालीं उतरतें पण लौकरच वर चढूं लागतें. ज्याअर्थी नळींत तुम्ही जास्त पाणी ओतीत नाहीं त्याअर्थी नळींतील पाण्याचा चढ मूळच्या पाण्याचें आकारमान वाढलें असें दाखवितो. अशा रीतीनें उष्णतेमुळें पाण्याचें प्रसरण होतें ही गोष्ट सिद्ध होते.



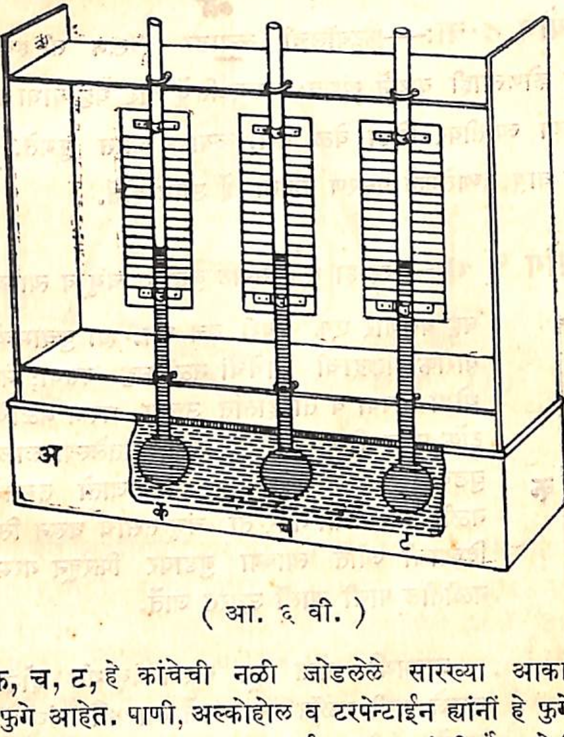
चंबू गरम पाण्यांतून बाहेर काढल्यावर नळींतील रंगीत पाणी हळूहळू खालीं उतरतें; ह्यावरून पाणी थंड झालें म्हणजे त्याचें आकारमान कमी होतें, म्हणजे त्याचें आकुंचन होतें ही गोष्ट सिद्ध होते.

(आ. ५ वी.)

दुसरा कोणताही द्रव पदार्थ घेऊन वरील प्रयोग केल्यास हीच गोष्ट आढळून येईल.

निरनिराळे द्रव पदार्थ सारखेच तापविले असतां ते सारखेच प्रसरण पावतात कीं त्यांचें प्रसरण निरनिराळ्या प्रमाणांत होतें हें आतां पाहूं.

प्रयोग ७ वा:—अ हा एक धातूचा चौकोनी डबा (Trough)



(आ. ६ वी.)

असून **क, च, ट,** हे कांचेची नळी जोडलेले सारख्या आकारमानाचे कांचेचे फुगे आहेत. पाणी, अल्कोहोल व टरपेन्टाईन ह्यांनीं हे फुगे भरून, फुग्यांनां जोडलेल्या नळ्यांत द्रव पदार्थ सारख्या उंचीपर्यंत येतील अशी व्यवस्था करा व नंतर त्या डब्यांमध्यें फुगे पूर्णपणें बुडतील इतकें गरम पाणी ओता. सर्व पदार्थांच्या उष्णतामानांत सारखीच वाढ होते, पण अल्कोहोलचें आकारमान सर्वांत जास्त वाढतें व पाण्याचें सर्वांत कमी वाढतें. ह्यावरून हे तीन पदार्थ त्यांच्या उष्णतामानांत सारखीच वाढ झाली असतां निरनिराळ्या प्रमाणांत प्रसरण पावतात हें सिद्ध होतें. दुसरे कोणतेही द्रव पदार्थ घेऊन वरील प्रयोग केल्यास हीच गोष्ट आढळून येईल.

वायुरूप पदार्थांवर उष्णतेचा परिणाम.

प्रयोग ८ वा:—फुटबॉलची ब्लाडर घेऊन ती हवेनें किंवा दुसऱ्या कोणत्याही वायूनें अंशत: भरून तिचें तोंड घट्ट बांधा व नंतर ती दिव्याच्या ज्योतीवर थोडा वेळ धरा. ब्लाडर जास्त फुगते. ह्यावरून आंतील वायु उष्णतेमुळें प्रसरण पावतो हें उघड होतें.

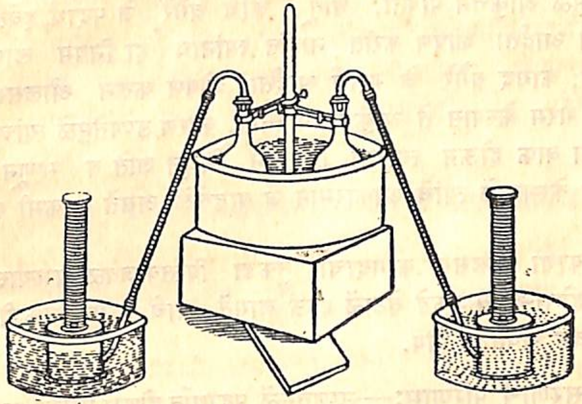
प्रयोग ९ वा:—अ हा एक सपाट बुडाचा चंबू व त्याच्या तोंडांत घट्ट बसणारें एक रबरी बूच घ्या. ह्या बुचामध्यें क ही बारीक छिद्राची कांचेची नळी घट्ट बसवा; नंतर चंबू थोडा तापवा व तो हातांत उलटा धरून नळीचें उघडें टोंक एका चिनीमातीच्या बशींत घेतलेल्या लाल पाण्यांत बुडवा. चंबू जसजसा थंड होत जातो तसतसें पाणी नळींत वर चढतें. नंतर तो चंबू तसाच धरून स्पिरिटच्या दिव्याची ज्योत त्याच्या बुडावर फिरवून गरम करा. नळींतील पाणी खालीं उतरत जातें.



ज्याअर्थीं ज्योत दूर करून चंबू थंड होऊं दिला म्हणजे पाणी नळींत वर चढतें त्याअर्थीं चंबू थंड केला म्हणजे आंतील हवा आकुंचन पावते व चंबू तापविला म्हणजे नळींतील पाणी खालीं उतरतें त्याअर्थीं त्यावेळीं चंबूंतील हवा प्रसरण पावते हें सिद्ध होतें.

निरनिराळे घन व द्रव पदार्थ सारखेच तापविले असतां त्यांचें प्रसरण निरनिराळ्या प्रमाणांत होतें. निरनिराळे वायु सारखेच तापविले असतां त्यांचें प्रसरण (आ. ७ वी.) कसें होतें हें आतां पुढील प्रयोगानें पाहूं.

प्रयोग १० वाः—दोन सारख्या आकारमानाचे चंबू घ्या व



(आ. ८ वी.)

एक हवेनें व दुसरा खडूपासून तयार केलेल्या वायूनें (chalk gas) किंवा दुसऱ्या एकाद्या वायूनें भरा व त्यांना वायुवाहक नळी (Delivery tube) जोडून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एकमेकांजवळ लोखंडी बैठकीच्या पकडींत धरा. वायुवाहक नळीचें दुसरें टोंक पाण्यानें भरलेल्या ट्रफमध्यें शेल्फखालीं ठेवा व त्या शेल्फवर पाण्यानें भरलेला गॅस—जार उपडा ठेवा. नंतर ते दोन्ही चंबू सारख्या उंचीपर्यंत पाण्यांत बुडतील अशा रीतीनें त्यांच्या खालीं गरम पाण्याचा ट्रफ ठेवा. वायुवाहक नळीवर पाण्यानें भरून उपडे ठेवलेल्या दोन्ही गॅसजारमध्यें जमा झालेल्या वायूंचें परिमाण बहुतेक सारखेच आढळून येईल.

या प्रयोगावरून सारख्याच आकारमानाच्या दोन्ही वायूंचें उष्णतामान सारखेंच वाढविलें असतां त्यांचें सारखेंच प्रसरण होतें असें दिसून येतें. दुसरे वायु घेऊन हा प्रयोग केल्यास हीच गोष्ट बहुतेक आढळून येईल.

वरील सर्व प्रयोगांवरून हें सिद्ध होतें कीं, कोणताही पदार्थ (कांहीं थोडे अपवाद वगळल्यास) उष्ण केल्यामुळें प्रसरण पावतो व थंड केल्यामुळें आकुंचन पावतो. धातू, कांच वगैरे जे पदार्थ हवेंत उघडे असतां आर्द्रता शोषण करीत नाहींत त्यांनाच हा नियम लागू होतो. लांकूड, कागद वगैरे जे पदार्थ आर्द्रता शोषण करून ओलसर होतात त्यांना गरम केल्यास ते आकुंचन पावतात. कारण उष्णतेमुळें त्यांच्यामधील आर्द्रता वाफ होऊन त्यांच्या छिद्रांतून निघून जाते व म्हणून आर्द्रता शोषण केल्यामुळें त्यांचें आकारमान जें वाढलेलें असतें तें कमी होतें.

एकाद्या ओलसर कागदाचा तुकडा विस्तवाजवळ धरल्यास त्याचें गरम होणाऱ्या बाजूकडे वेटाळें होऊं लागतें ह्याचें कारण तिकडील भाग आकुंचन पावतो हें होय.

प्रसरणाचें परिणामः—उष्णतेमुळें पदार्थांत होणारें प्रसरण आपल्याला नेहमींच्या व्यवहारांतही दिसून येतें. ज्या तारांमधून विद्युत् संदेश जातो त्या तारांना उन्हाळ्यांत जास्त झोल पडतो. ह्याचें कारण उन्हाळ्यांत होणाऱ्या उष्णतामानांतील वाढीमुळें त्यांच्यामध्यें होणारें प्रसरण हें होय. जाड कांचेच्या शिशींत किंवा पेल्यांत उकळणारें पाणी एकदम ओतलें तर ती शिशी किंवा तो पेला तडकतो असें पुष्कळ वेळां आढळतें. उकळणारें पाणी पेल्यांत ओतल्याबरोबर त्याच्या आंतील भाग तेवढा लागलीच तापतो व प्रसरण पावतो; परंतु कांच हा पदार्थ मंद उष्णतावाहक असल्यामुळें पेल्याच्या बाहेरील भागाचें उष्णतामान विशेष बदलत नाहीं व म्हणून बाहेरील भागावर उष्णतेचें कार्य होण्याच्या अगोदरच पेल्याच्या आंतील भाग प्रसरण पावतो व ह्यामुळें त्याला चीर जाते.

गाडीच्या चाकाभोंवतालची लोखंडी धांव उन्हाळ्यांत ढिली होते, ह्याचें कारण देखील उष्णतेमुळें तिचें होणारें प्रसरण हेंच होय.

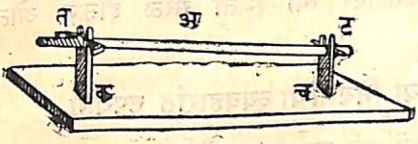
उन्हाळ्यांत मोठ्या घड्याळांच्या आंदोलकांची लांबी वाढते व त्यामुळें तीं मंद चालूं लागतात.

पदार्थांच्या प्रसरणाचा व आकुंचनाचा जोर.

प्रयोग ११ वा. पदार्थाचें प्रसरण होत असतां उत्पन्न झालेला जोर.

कांचेची परीक्षण नळी थंड पाण्यानें भरून ती उघड्या तोंडाजवळ बंद करा. नंतर ती उकळणाऱ्या पाण्यांत किंवा दिव्याच्या ज्योतीवर धरा. नळींतील पाणी प्रसरण पावून वाढलेल्या पाण्यास आंत वाव नसल्यामुळें ती नळी फुटेल.

प्रयोग १२ वा. पदार्थाचें आकुंचन होत असतां उत्पन्न झालेला जोर.



(आ. ९ वी.)

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें क च ह्या बिडाच्या मजबूत खांबांच्या उथळ्यांत (Sockets) अ हा लोखंडी गज ठेविलेला आहे. ह्या गजाच्या एका टोंकाशीं भोंक असून त्यांत ट हा एक बिडाचा तुकडा प्रयोग करते वेळीं बसवितात. दुसऱ्या टोंकाशीं मळसूत्र (Serew thread) असून त्यावर त ही द्विभुज फिरकी (Nut with two arms) पुढें मागें फिरते. ही फिरकी फिरवून गज खांबांवरील उथळ्यांत घट्ट बसवितां येतो.

गज चांगला लाल होई तों तापवून खांबांच्या उथळ्यांत ठेवा व त्याच्या भोंकांत बिडाचा तुकडा बसवा. नंतर त ही द्विभुज फिरकी फिरवून तो गज उथळ्यांत घट्ट बसवा व लागलीच गजावर थंड पाणी ओता. थोड्याच वेळांत बिडाचा तुकडा तुटून त्याचे दोन तुकडे होतील. ह्याचें कारण गज थंड झाल्यामुळें त्याचें आकुंचन होतें व हें आकुंचन होतांना तो बिडाचा तुकडा इतक्या जोरानें ओढला जातो कीं, त्यामुळें त्याचे दोन तुकडे होतात.

पारीस येथील पदार्थ संग्रहालयाच्या दोन समोरासमोरील भिंती दोहों बाजूंस ओळंब्याच्या बाहेर कलल्या होत्या. त्यांस सरळ करण्याकरितां आकुंचनामुळें उत्पन्न होणाऱ्या जोराचा उपयोग करण्यांत आला. दोन्ही

भिंतींत अनेक लोखंडी कांबी आडव्या बसविल्या व त्यांचीं टोंकें भिंतीच्या बाहेरच्या बाजूस लोखंडी पट्टीमध्यें बसवून त्या टोंकांवर पेंचदार फिरक्या बसविल्या होत्या. त्या कांबींना प्रथम उष्ण केलें, आणि त्या प्रसरण पावल्यानंतर फिरक्या फिरवून त्या कांबी आवळून घेतल्या. पुढें त्या जसजशा थंड होऊन आकुंचित होत गेल्या तसतशा त्या भिंती एकमेकांकडे ओढल्या जाऊन त्यांचा बाह्य कल कमी झाला. नंतर त्या कांबी पुनः गरम करून व पुनः टोंकावरील फिरक्या फिरवून आवळून घेतल्या व त्या पुनः थंड होऊं दिल्या. भिंती एकमेकांकडे आणखी जरा ओढल्या गेल्या व याप्रमाणें कांहीं वेळ केल्यावर त्या भिंती सरळ होऊन ओळंब्यांत आल्या.

प्रसरण-आकुंचनाच्या नियमांचा व्यवहारांत उपयोग.

बाटलीला बसविलेलें कांचेचें बूच जर घट्ट बसलें असेल तर बाटलीचा गळा तापविला असतां गळा प्रसरण पावतो व बूच सैल होऊन निघतें.

चाकावर धांव बसवितेवेळीं चाकाच्या घेरापेक्षां किंचित कमी घेराची धांव घेऊन ती प्रथम खूप तापवितात व त्यामुळें प्रसरण पावून चाकाच्या घेरावर बसण्यासारखी ढिली झाली म्हणजे गरम असतांनाच चाकावर चढवितात. नंतर त्या गरम धांवेवर पाणी ओततात व त्यामुळें ती आकुंचन पावून चाकावर घट्ट बसते; एवढेंच नव्हें तर चाकाचे आरे बुधल्यामध्यें जोरानें दाबून बसतात.

आगगाडीच्या रस्त्यावर रूळ बसवितांना त्यांमध्ये हिशेबानें येईल तितका प्रसरणास वाव राखून रूळ बसवितात. सूर्याच्या उष्णतेमुळें व चाकांच्या घर्षणामुळें रूळ तापतात. रूळ जर एकमेकांना जोडून बसविले तर त्यांच्यामध्यें उष्णतेमुळें होणाऱ्या प्रसरणाला वाव राहणार नाहीं व त्यामुळें ते वांकून वांकडे तिकडे होतील व रस्ता बिघडेल. ह्याच कारणाकरितां लोखंडी पुलाचीं दोन्हीं टोकें ज्या आधारांवर ठेविलेलीं असतात त्या आधारांवर तीं पक्कीं केलेलीं नसतात. त्याचप्रमाणें पाण्याचे नळ बसवितांना एक नळ दुसऱ्याच्या आंत घालून वरून फक्त

शिसें ओतून बसवितात. ह्यामुळें त्यांच्या प्रसरणास किंवा आकुंचनास आंतून वाव मिळतो.

पदार्थांच्या स्थितींत होणारा बदल.

घनरूप, द्रवरूप व वायुरूप अशा पदार्थांच्या तीन स्थिति आहेत. कोणताही पदार्थ निसर्गतः ह्या तिहींपैकीं कोणत्या तरी एका स्थितींत आढळतो, पण उष्णतेनें पदार्थाची स्थिति बदलतां येते.

प्रयोग १३ वाः---एका पळींत किंवा चिनीमातीच्या बशींत थोडें लोणी किंवा मेण घेऊन तें दिव्यानें गरम करा. कांहीं वेळानें तें द्रवरूप स्थितींत येईल.

गंधक, शिसें, कथील वगैरे पदार्थ उष्णतेनें वितळवून घनरूप स्थितींतून द्रवरूप स्थितींत आणतां येतात; पण त्यांना वितळण्यास वरील पदार्थांपेक्षां उष्णता जास्त लागते. उष्णतेमुळें स्थितींत बदल पावणाऱ्या पदार्थांचें उत्तम उदाहरण बर्फ हें आहे. बर्फाला उष्णता लाविल्यावर त्याचें प्रथम पाणी (द्रवरूप स्थिति) होतें व पुढें जास्त उष्णता लाविल्यास त्या पाण्याची वाफ (वायुरूप स्थिति) होते. येथें आपण एकच पदार्थ उष्णतेच्या मदतीनें तीन रूपांत पाहतों. बर्फ, पाणी व वाफ हीं एकाच पदार्थाचीं तीन स्थितींतील तीन रूपें आहेत.

ह्या प्रकरणांतील महत्त्वाच्या गोष्टी.

उष्णता ही एक **शक्ती** आहे व तिच्या अनेक कार्यांपैकीं पदार्थांच्या उष्णतामानांतील वाढ हें एक कार्य आहे.

पदार्थांच्या भासमान होणाऱ्या उष्णताविषयक **स्थितीला उष्णतामान** म्हणतात.

उष्णतेचे सामान्य परिणामः—

१. उष्णतामानांतील वाढ.

२. आकारमानांतील वाढ किंवा प्रसरण.

३. स्थितींतील बदल.

पदार्थाला पुरेशी उष्णता न मिळाल्यास त्याच्या स्थितींत बदल होणार नाहीं; पण उष्णतेमुळें त्याचें उष्णतामान सामान्यतः वाढतेंच* व त्याबरोबर त्याचें आकारमानही वाढतें. (याला कांहीं अपवाद आहेत.)

उष्णतामान वाढलें म्हणजे पदार्थांचें प्रसरण होतें व उष्णतामान कमी झालें म्हणजे त्यांचें आकुंचन होतें.

प्रश्नसंग्रह १ ला.

१. उष्णतेचे पदार्थांवर सर्वसामान्य परिणाम काय होतात ? उष्णतामान सारखें वाढविलें असतां पाण्यापेक्षां स्पिरिट अधिक प्रसरण पावतें हें दाखविण्याकरितां एकाद्या प्रयोगाचें वर्णन करा.

२. आकृति ५ मधील चंबूला (अ) जास्त बारीक भोंकाची नळी जोडली, तसेंच (ब) जास्त मोठ्या भोंकाची नळी जोडली तर त्याचा, चंबू तापविल्यामुळें नळींत होणाऱ्या पाण्याच्या चढावर काय परिणाम होईल ?

३. उष्णतेचें ज्ञान कसें होतें ?

४. एकाच रेषेंत बसविलेल्या आगगाडीच्या दोन रुळांच्या टोंकांमध्यें कांहीं अंतर कां ठेवितात ?

५. एक कांचेची नळी जोडलेला रिकामा चंबू गरम केला व नंतर तो उलटा करून नळीचें चंबूबाहेरील टोंक एका बीकरमधील रंगीत पाण्यांत बुडलेलें राहील असा धरिला. थोड्याच वेळांत रंगीत पाणी नळींत चढूं लागतें तें कां ?

६. उन्हाळ्यांत गाडीच्या चाकांच्या धांवांवर पाणी वारंवार कां घालावें लागतें ?

७. एका विद्यार्थ्यानें एक कांचेचा फुगा पाण्यानें भरून बंद केला व नंतर तो गरम करण्यास त्यानें सुरुवात केली. गरम होतां होतां तो फुगा ताडकन फुटला. फुगा फुटण्याचें कारण काय ?

८. पुरलेल्या दोन उभ्या कांबींमध्यें एक गज आडवा टेंकून धरला आहे. गज खूप तापविला तर काय परिणाम होईल ?

---

* बर्फ, उकळत असलेले द्रव पदार्थ वगैरे या नियमाला अपवाद आहेत.

९. गाडीच्या चाकावर लोखंडी धांवा कशा बसवितात व हें करितांना कोणत्या तत्वाचा उपयोग केला जातो तें सांगा.

१०. एका पेचकसाच्या लांकडी मुठीवर पितळेची शेंबी हिंवाळ्यांत बसविली होती. उन्हाळ्यांत ती ढिली होऊन पडली. त्याचें कारण काय?

११. पितळ व लोखंड यांना सारखेंच तापविलें असतां पितळ जास्त प्रसरण पावतें हें तुम्ही कसें दाखवाल?

प्रकरण २ रें.

उष्णतामापकें.

उष्णतामान मोजण्याच्या साधनाला उष्णतामापक म्हणतात.

एकादा पदार्थ उष्ण आहे किंवा थंड आहे हें सामान्यतः आपण स्पर्शेंद्रियानें—हस्तस्पर्शानें पाहतों. पदार्थ आपल्या शरिरापेक्षां किंवा हातापेक्षां जास्त उष्ण असल्यास त्याला आपण उष्ण म्हणतों व जास्त थंड असल्यास त्याला थंड म्हणतों. ह्याच कारणामुळें कांहीं लोकांना एकादा पदार्थ उष्ण वाटतो व त्याच वेळीं दुसऱ्या लोकांना तोच पदार्थ थंड वाटतो. वरील कारणामुळेंच दक्षिण हिंदुस्थानांतील उष्ण प्रदेशांतील मनुष्य जर उन्हाळ्यामध्यें सिमल्याला किंवा महाबळेश्वराला गेला तर तेथील हवा त्याला थंड वाटेल; पण उत्तर रशियांतील बर्फाळ प्रदेशांत राहणारा मनुष्य ह्या ठिकाणीं गेला तर तोच प्रदेश त्यांना उष्ण वाटेल.

निरनिराळ्या माणसांना एकच पदार्थ उष्ण किंवा थंड भासेल; इतकेंच नव्हे तर एकाच मनुष्याला निरनिराळ्या परिस्थितीप्रमाणें एकच पदार्थ उष्ण किंवा थंड भासेल व ही गोष्ट पुढील प्रयोगानें सिद्ध होईल.

प्रयोग १४ वाः—तीन चिनीमातीच्या वशा (Porcelain basins) घेऊन त्या एका ओळींत मांडा. एकींत हाताला सोसवेल असें गरम पाणी घ्या. दुसरींत साधारण कोमट व तिसरींत थंड पाणी घ्या. नंतर एक हात गरम पाण्यांत व दुसरा थंड पाण्यांत बुडवा. व

कांहीं वेळानें दोन्ही हात एकदम कोमट पाण्यांत बुडवा. जो हात पूर्वी गरम पाण्यांत होता त्याला कोमट पाणी थंड वाटेल व जो हात थंड पाण्यांत होता त्याला तेंच कोमट पाणी गरम वाटेल.

वरील कारणामुळें एकादा पदार्थ उष्ण आहे किंवा थंड आहे हें आपल्याला स्पर्शेंद्रियानें बिनचूक व निश्चयानें सांगतां येत नाहीं. थंड वेळीं खोलींतील लोखंडाचा तुकडा, लांकडी पदार्थ व फ्लानेलचा कपडा ह्यांना स्पर्श करून पहा. लोखंड थंड भासेल, फ्लानेल जरा गरम भासेल व लांकूड बहुतेक थंडही भासणार नाहीं व गरमही भासणार नाहीं.

ह्या शिवाय एकादा पदार्थ तापविल्यानंतर तो पूर्वींपेक्षां उष्ण झाला हें जरी त्याला स्पर्श करून आपण सांगूं शकतो तरी तो किती जास्त उष्ण झाला हें आपल्याला निश्चयपूर्वक सांगतां येत नाहीं. पदार्थ उष्ण आहे कीं थंड आहे व त्याला उष्णता लावल्यास तो किती उष्ण झाला हें आपल्याला स्पर्शेंद्रियानें बरोबर पाहतां येत नाहीं, म्हणून ज्या साधनाच्या किंवा यंत्राच्या योगानें पदार्थांचें उष्णतामान पाहतांना स्पर्शेंद्रियानें जशी आपली फसवणूक होते तशी फसवणूक होणार नाहीं असें एकादें यंत्र अवश्यक आहे. अशा यंत्राला उष्णतामापक म्हणतात व ह्या यंत्रानें पदार्थांचें उष्णतामान पाहतात.

पदार्थांच्या प्रसरणावरून उष्णतामान कसें पाहतां येतें ?

उष्णता लाविली म्हणजे पदार्थांचें उष्णतामान वाढतें, व ते प्रसरण पावतात. त्यांना थंड केले म्हणजे त्यांचें उष्णतामान कमी होतें व ते आकुंचन पावतात. ह्यावरून पदार्थांच्या उष्णतामानांतील बदलाचा व त्यामुळें त्यांच्या आकारमानांत होणाऱ्या बदलाचा अन्योन्य संबंध आहे हें उघड होतें. तेव्हां पदार्थांच्या आकारमानांत झालेला बदल पाहून त्यांच्या उष्णतामानामध्यें झालेला बदल—चढ किंवा उतार—पाहतां येईल. **प्रयोग ६ वा.** वाचा किंवा तो पुन्हा करा. एका बशींमधील गरम पाण्यांत तो चंबू कांहीं वेळ ठेविल्यावर त्या चंबूंतील रंगीत पाणी नळीमध्यें सहा सेंटिमिटरवर चढतें असें समजा. नंतर तो चंबू थंड

झाल्यावर दुसऱ्या एकाद्या गरम द्रव पदार्थामध्यें बुडविल्यास जर रंगीत पाणी नळींत पूर्वीच्या ठिकाणापर्यंत (गरम पाण्यांत ठेविल्यावर ज्या ठिकाणापर्यंत वर चढलें होतें त्या ठिकाणापर्यंत) वर चढलें तर दोन्ही वेळीं चंबूंतील रंगीत पाण्याचें प्रसरण सारखेंच झालें असें सिद्ध होतें व म्हणून दोन्ही वेळीं रंगीत पाण्याचें उष्णतामान सारखेंच चढलें असलें पाहिजे. अर्थात गरम पाण्याचें व दुसऱ्या गरम द्रव पदार्थाचें उष्णतामान सारखेंच असलें पाहिजे. आतां तो चंबू दुसऱ्या एकाद्या द्रव पदार्थांत बुडवून त्यांतील रंगीत पाणी तो गरम पाण्यांत बुडविल्यामुळें जितकें वर चढलें होतें त्यापेक्षां जास्त वर चढलें तर दुसऱ्या द्रव पदार्थाचें उष्णतामान गरम पाण्यापेक्षां जास्त असलें पाहिजे हें उघड होतें.

त्या चंबूपेक्षां जास्त उष्ण असलेल्या पदार्थावर किंवा पदार्थांत तो चंबू ठेविल्यास रंगीत पाणी जास्त वर चढेल व चंबूपेक्षां जास्त थंड पदार्थांत तो ठेविल्यास चंबूला जोडलेल्या नळींतील रंगीत पाणी खालीं उतरेल.

अशा रीतीनें नळी बसविलेला चंबू उष्णतामान पाहण्याचें साधन किंवा उष्णतामापक यंत्र होऊं शकतें; पण असलें उष्णतामापक सुलभपणें वाटेल तिथें नेण्यास सोयीचें नसतें.

पाणी हा पदार्थ सोइस्कर व उपयुक्त उष्णतामापक तयार करण्यास योग्य नाहीं याचीं कारणें पुढीलप्रमाणें आहेत.

१. समान परिमाणाच्या उष्णतेनें पाण्याचें प्रसरण नेहमीं एकसारखेंच होत नाहीं.

२. उष्णतामानांतील बदलामुळें होणारें पाण्याचें प्रसरण व आकुंचन कमी असल्यामुळें पाण्याचें उष्णतामापक, पदार्थाच्या उष्णतामानांतील सूक्ष्म वाढ किंवा उतार दाखवूं शकत नाहीं; म्हणजे पाण्याचें उष्णतामापक सूक्ष्मभेददर्शी नसतें.

३. जास्त थंडीमुळें पाणी गोठतें व जास्त उष्णतेमुळें त्याची वाफ होते, व म्हणून पाण्याच्या गोठण्याच्या बिंदूच्या खालील उष्णतामानें व उत्कलन बिंदूच्या (Boiling point) वरील उष्णतामानें पाण्याचें उष्णतामापक दाखवूं शकत नाहीं.

उष्णतामापकाकरितां पदार्थांची निवड करितांना पुढील गोष्टी लक्षांत ठेविल्या पाहिजेत.

१. तो पदार्थ उष्णतामानांतील थोड्या वाढीनें पुष्कळ प्रसरण पावणारा असला पाहिजे.

उष्णतामानांतील विशिष्ट वाढीमुळें घन पदार्थ अतिशय कमी प्रसरण पावतात म्हणून ते ह्या कामीं उपयोगाचे नाहींत. वायुरूप पदार्थ पुष्कळ प्रसरण पावतात व म्हणून अतिशय सूक्ष्म भेददर्शी उष्णतामापकें तयार करण्यास ह्यांचा उपयोग करितां येईल, पण असलीं उष्णतामापकें सामान्य व नेहमींच्या उपयोगाच्या सोयीचीं होणार नाहींत. प्रसरणाच्या बाबतींत द्रव पदार्थ मध्यम प्रतीचे असल्यामुळें नेहमींच्या उपयोगाच्या उष्णतामापकामध्यें द्रवपदार्थच—पारा किंवा अल्कोहोल—उपयोगांत आणतात. हे दोन्हीही पदार्थ बरेच प्रसरणशील आहेत.

२. निवडावयाचा द्रव पदार्थ अतिशय थंड झाल्याशिवाय गोठला न पाहिजे व अतिशय उष्ण झाल्या शिवाय वायुरूप स्थितींत न गेला पाहिजे.

अल्कोहोलचें गोठण्याचें उष्णतामान बरेंच कमी असल्यामुळें, कमी उष्णतामानें पाहण्यास त्याची उष्णतामापकें विशेषतः उपयोगांत आणतात. पण त्याचा उत्कलन बिंदु (Boiling point) ७८° श. असल्यामुळें ह्या उष्णतामानावर त्याची वाफ होऊं लागते व म्हणून ह्या उष्णतामानावरचीं उष्णतामानें पाहण्यास अल्कोहोलचीं उष्णतामापकें उपयोगी पडत नाहींत.

वरील दोन्ही गोष्टींचा विचार केल्यावर उष्णतामापकाकरितां पारा हा पदार्थ सर्वांत जास्त योग्य ठरतो. पाऱ्याचा गोठण्याचा बिंदु— ३९° श. आहे व उत्कलन बिंदु ३५७° श. आहे व म्हणून पारा लवकर गोठत नाहीं व त्याची वाफही लवकर होत नाहीं; म्हणून कमी व उच्च उष्णतामानें पाहण्यास लागणाऱ्या उष्णतामापकाकरितां पाऱ्यापेक्षां जास्त उपयुक्त असा दुसरा कोणताही पदार्थ नाहीं.

वरील कारणांशिवाय सामान्य उष्णतामापकांकरितां पाऱ्याची निवड करण्याचीं पुढीलप्रमाणें आणखीही कारणें आहेत.

१ तो अपारदर्शक व चकाकणारा पदार्थ असल्यामुळें त्याची सपाटी स्पष्ट दिसते.

२. त्याचें प्रसरण नियमित असतें (सारख्या परिमाणाच्या उष्णतेमुळें त्याचें होणारें प्रसरण कोणत्याही उष्णतामानावर जवळ जवळ सारखेंच असतें.)

३. तो शीघ्र उष्णतावाहक पदार्थ आहे व म्हणून त्याच्या सान्निध्यांत असलेल्या पदार्थांच्या उष्णतामानाइतकें त्याचें उष्णतामान त्वरित होतें.

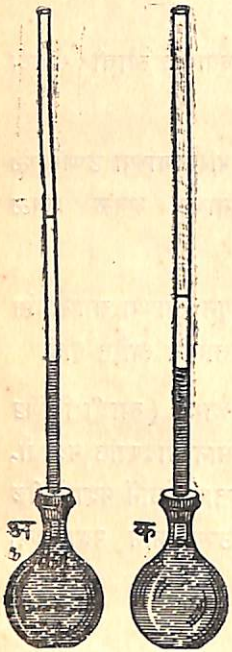
४. त्याचें उष्णतामान वाढण्यास थोडी उष्णता लागते (त्याची विशिष्ट उष्णता कमी आहे) आणि म्हणून त्याचें उष्णतामान वाढण्यांत पदार्थांतील उष्णता फारच थोडी खर्च होते. (उष्णतामापकानें पदार्थांतील उष्णता जास्त शोषण केल्यास मोजून काढलेलें उष्णतामान पदार्थांच्या खऱ्या उष्णतामानापेक्षां बरेंच कमी होईल.)

५. तो सुलभपणें कोरडा व शुद्ध करितां येतो.

६. तो कांचेस चिकटत नाहीं म्हणून प्रसरणानें किंवा आकुंचनानें नळींत होणारा त्याचा चढ किंवा उतार योग्यपणें होतो व म्हणून उष्णतामानही बरोबर कळतें.

पाऱ्याच्या आकारमानांतील फेरबदल पाहून पदार्थांच्या उष्णतामानांतील बदल पाहतां येईल; पण द्रव पदार्थ घन पदार्थासारखे भांड्याविरहित स्वतंत्रपणें राहूं शकत नाहींत म्हणून पारा ठेवण्याकरितां एका टोंकाला फुगा असलेल्या कांचेच्या नळीचा उपयोग करितात. असल्या नळीची निवड करितांना पुढील गोष्टी लक्षांत ठेविल्या पाहिजेत.

१. नळीचें भोंक बारीक असावें:—उष्णतामापक सूक्ष्मभेददर्शी



(आ. १० वी.)

होण्याकरितां उष्णतामानांतील सूक्ष्म बदलानें नळीमध्यें पारा जास्त चढला पाहिजे व ह्याकरितां त्या नळीचें भोंक बारीक असावें; कारण मोठ्या भोंकाच्या नळीपेक्षां बारीक भोंकाच्या नळींत उष्णतामानांतील सारख्याच बदलामुळें द्रव पदार्थाचें प्रसरण सारखेंच झालें असतां त्याचा चढ जास्त होतो व ही गोष्ट पुढील प्रयोगानें सिद्ध होईल.

प्रयोग १५ वा:—अ व क हे दोन समान आकाराचे चंबू रंगीत अल्कोहोलनें भरून अ चंबूला बारीक भोंकाची नळी बसविलेलें बूच बसवा व क चंबूला मोठ्या भोंकाची नळी बसविलेलें बूच बसवा; व ह्या दोन्ही नळ्यांत रंगीत अल्कोहोल सारख्या उंचीवर आणा. आरंभीं दोन्ही चंबूंचें उष्णतामान सारखें आहे. नंतर ते चंबू एका मोठ्या बशींत घेतलेल्या गरम पाण्यांत एकदम बुडवा. कच्या नळीपेक्षां अच्या नळींतील अल्कोहोल जास्त वर चढलेला आढळेल.

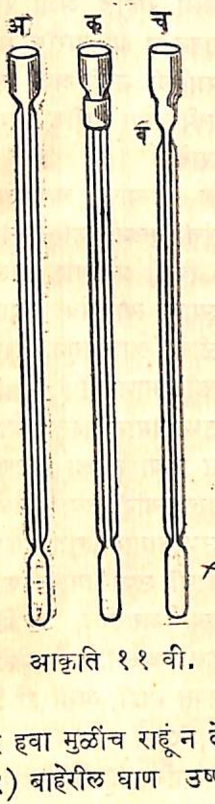
२. नळीचें भोंक सर्वत्र सारखें असावें:—पाऱ्याच्या उंचींतील सारख्या वाढीनें उष्णतामानांतील सारखी वाढ दाखविली जावी म्हणून नळीच्या भोंकाचा व्यास सर्वत्र सारखा असावा. भोंक जर सर्वत्र सारखें नसलें तर उष्णतामानांतील विवक्षित वाढीमुळें पाऱ्याच्या उंचींत होणारी वाढ मोठ्या व्यासाच्या भागापेक्षां बारीक व्यासाच्या भागांत जास्त होईल; व म्हणून पाऱ्याच्या उंचींतील सारख्या वाढीनें उष्णतामानांतील सारखी वाढ दाखविली जाणार नाहीं व त्यामुळें उष्णतामापकावर अंशाच्या खुणा करणें कठीण जाईल.

पाऱ्याचें उष्णतामापक तयार करणें.

उष्णतामापक तयार करण्याकरितां एका टोंकाला फुगा असून सर्वत्र सारखें भोंक असलेली बारीक नळी निवडल्यानंतर ती प्रथम पाऱ्यानें भरून बंद केल्यावर तिच्यावर अंशाच्या खुणा केल्या म्हणजे उष्णतामापक तयार होतें.

प्रयोग १६ वा:-उष्णतामापक पाऱ्यानें भरणें.

११ अ ह्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें निवडलेल्या नळीच्या दुसऱ्या टोंकाला एक लहानसें नसराळें (funnel) असलें तर बरेंच झालें, पण नसलें तर ११ क ह्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एक लहान नसराळें रबरी नळीनें उष्णतामापकाकरितां घेतलेल्या नळीला जोडावें. हें नसराळें पाऱ्यानें सरासरी अर्धें भरावें. फुगा व नळी हवेनें भरलेली असते, व नळीचें भोंक बारीक असल्यामुळें हवा बाहेर जाण्यास व पारा आंत उतरण्यास वाव नसतो म्हणून नसराळ्यामधील पारा खालीं नळींत उतरत नाहीं. ह्याकरितां खालील दिवा स्पिरिटच्या दिव्यानें तापवावा म्हणजे फुग्यांतील हवा प्रसरण पावून कांहीं वरील पाऱ्यामधून बाहेर निघून जाईल. कांहीं वेळानें नळी थंड झाल्यावर आंतील हवा आकुंचन पावेल व वरील हवेच्या दाबानें पारा आंत घुसेल आणि बाहेर पडलेल्या हवेची जागा घेईल. अशा रीतीनें तो फुगा चार पांच वेळां तापवून व पुन्हां थंड करून उष्णतामापकाची नळी पाऱ्यानें भरावी. नळी पाऱ्यानें भरल्यानंतर पाऱ्यावर हवा मुळींच राहूं न देतां ती बंद केली पाहिजे. ती बंद न केल्यास (१) बाहेरील घाण उष्णतामापकांत शिरेल, (२) वाफेच्या रूपानें पार



आकृति ११ वी.

× फुगा लांबट कां केला आहे? वाटोळा कां नाहीं?

हळूहळू बाहेर निघून जाईल व (३) नळींतील पाऱ्याच्या चढउतारावर हवेच्या दाबाचा परिणाम होऊन उष्णतामान बरोबर मिळणार नाहीं.

नळी पाऱ्यानें भरल्यानंतर सुलभपणें बंद करतां यावी म्हणून ती पारा भरण्याच्या अगोदर ११ च ह्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें ब ठिकाणीं (नसराळ्याच्या किंचित् खालीं) तापवून बारीक करावी.

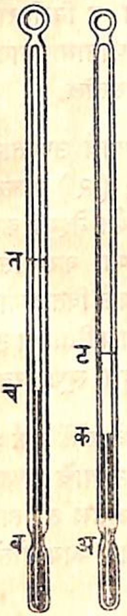
उष्णतामापकाची नळी पाऱ्यानें भरल्यानंतर ती बंद करण्यासाठीं उष्णतामापकानें जें अतिउच्च उष्णतामान मोजणें असेल त्या उष्णतामानापेक्षां किंचित अधिक कायम उष्णतामानावर उकळत असलेल्या द्रव पदार्थांत त्या नळीचा फुगा व नळीचा कांहीं भाग बुडलेला राहील अशा रीतीनें ती नळी धरून ठेवावी. आंतील पारा प्रसरण पावून ब ह्या बारीक भागावर गेल्यावर व खालील पाऱ्यांत हवा मुळींच राहिली नाहीं अशी खात्री झाल्यावर फुकनळीनें (Blow pipe) दिव्याची ज्योत बारीक भागावर नेऊन, तो भाग वितळवून उष्णतामापक बंद करावें.

पाऱ्यानें भरून बंद केलेल्या उष्णतामापकांतील पाऱ्याच्या चढउतराची उंची पाहून निरनिराळ्या पदार्थांच्या उष्णतामानांची तुलना करितां येईल. पण हें करितांना पाऱ्याचा चढ किंवा उतार किती प्रमाणांत झाला हें निश्चितपणें पाहण्यासाठीं उष्णतामापक बंद केल्यावर त्याच्यावर अंशाच्या खुणा केल्या पाहिजेत. उष्णतामापकाच्या नळीचे खालपासून वरपर्यंत समान भाग करून किंवा त्या नळीला भाग पाडलेली प्रमाणपट्टी (Scale) जोडून त्या उष्णतामापकाच्या योगानें पदार्थांचें उष्णतामान पाहतां येईल; परंतु अशा रीतीनें उष्णतामापकावर खुणा केल्यास किंवा त्याला प्रमाणपट्टी जोडल्यास, निरनिराळ्या देशांत निरनिराळ्या कारखान्यांनीं तयार केलेल्या उष्णतामापकांनीं पाहिलेल्या एकाच पदार्थाच्या उष्णतामानांतसुद्धा कधींच मेळ राहणार नाहीं. कारण निरनिराळ्या ठिकाणीं उष्णतामापकाकरितां सारख्याच फुग्याच्या व भोंकाच्या नळ्या घेतल्या असतील, आणि तीं उष्णतामापकें सारख्याच उष्णतामानावर बंद केलीं असतील व नळीवर पाडलेले भाग सारखेच असतील अशी गोष्ट संभवत नाहीं. अशीं हीं निरनिराळीं उष्णतामापकें एकाच पदार्थांत ठेविल्यास, एका उष्णतामापकांत पारा $\frac{1}{2}$ सेंटीमिटर वर चढला तर दुसऱ्यांत तो कदाचित् $\frac{1}{3}$ सेंटिमिटर वर

चढेल व तिसऱ्यांत त्याची चढ निराळीच असेल. अशा रीतीनें एकाच पदार्थांत ठेविलेल्या निरनिराळ्या उष्णतामापकांत पारा किती वर चढला किंवा खालीं उतरला हें पाहिलें तर कशास कांहीं मेळ दिसून येणार नाहीं.

निरनिराळ्या उष्णतामापकांनीं पाहिलेल्या एकाच पदार्थांच्या उष्णतामानांत एकवाक्यता असावी ह्याकरितां उष्णतामापकावर अंशाच्या खुणा करितांना कांहीं निराळी योजना केली पाहिजे. ही योजना कशा प्रकारची असावी हें पुढील प्रयोगानें स्पष्ट होईल.

प्रयोग १७ वा:—अ आणि ब हीं दोन पाऱ्यानें भरून बंद केलेलीं नवीन उष्णतामापकें आहेत. त्यांचे फुगे वेगवेगळ्या आकारमानाचे असून त्यांच्या नळ्यांचीं भोंकेंही कमी-जास्त रुंदीचीं आहेत. आतां हीं उष्णतामापकें एका ठरीव उष्णतामानाच्या द्रवपदार्थांत ठेविल्यास, अ उष्णतामापकांतील पारा क ठिकाणीं स्थिर होतो आणि ब उष्णतामापकांतील पारा च ठिकाणीं स्थिर होतो असें समजा. ह्या ठिकाणीं खुणा करून नंतर तीं उष्णतामापकें दुसऱ्या एका ठरीव पण पहिल्यापेक्षां जास्त उच्च उष्णतामानाच्या द्रवपदार्थांत ठेवा. आतां अ उष्णतामापकांतील पारा ट ठिकाणीं स्थिर होतो आणि ब उष्णतामापकांतील पारा त ठिकाणीं स्थिर होतो असें समजा. ह्या ठिकाणीं आतां खुणा करा. अ उष्णतामापकावरील दोन खुणांमधील कट हें अंतर ब उष्णतामापकावरील दोन खुणांमधील चत ह्या अंतरापेक्षां कमी आहे. पण त्या दोन उष्णतामापकांतील पाऱ्याची चढ दाखविणारीं हीं दोन भिन्न अंतरें उष्णतामानांतील एकच चढ दाखवितात.



आकृति १२ वी.

अ उष्णतामापकावरील क आणि ट ह्या खुणा जीं उष्णतामानें दाखवितात, तींच उष्णतामानें ब उष्णतामापकावरील च आणि त ह्या खुणा अनुक्रमानें दाखवितात. तेव्हां ह्या दोन खुणांमधील

अंतराच्या निम्में किंवा चतुर्थांश अंतरावर खालील खुणांच्यावर (क आणि च) जर पारा दोन्ही उष्णतामापकांवर स्थिर झाला तर दोन्ही उष्णतामापकें एकच उष्णतामान दाखवितात असें म्हणतां येईल.

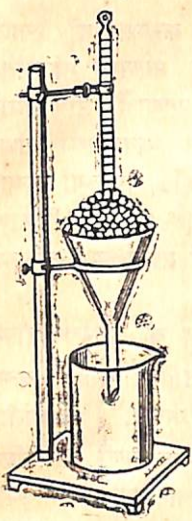
वरील विवेचनावरून दिसून येईल कीं, कोणत्याही उष्णतामापकानें पाहिलेल्या एकाच पदार्थाच्या उष्णतामानांत एकवाक्यता असावी ह्यासाठीं उष्णतामापकावर अंशाच्या खुणा करण्याकरितां प्रथम त्यावर दोन ठरीव उष्णतामानांच्या खुणा केल्या पाहिजेत. ह्या दोन ठरीव उष्णतामानास ठरीव बिंदु असें म्हणतात. ह्या दोन ठरीव बिंदूंनीं दाखविलेलीं उष्णतामानें जरी ठरीव असतात तरी निरनिराळ्या भोंकाच्या व निरनिराळ्या आकारमानाच्या फुग्यांच्या नळ्या घेऊन तयार केलेल्या उष्णतामापकावरील या दोन बिंदूंचीं स्थानें व त्यांमधील अंतरें भिन्न भिन्न असतील.

प्रयोगांतीं असें आढळतें कीं, (१) शुद्ध बर्फ वितळण्याचें उष्णतामान कोठेंही व केव्हांही प्रयोग केला तरी नेहमीं कायम असतें; (२) उकळत्या पाण्यावरील वाफेचें उष्णतामान वरील दाब कायम असेपर्यंत नेहमीं कायम असतें; व ह्यासाठीं उष्णतामापकावर ठरीव बिंदूंच्या खुणा करण्यासाठीं ह्या दोन कायम उष्णतामानांची निवड केली आहे. बर्फ वितळण्याच्या उष्णतामानावर उष्णतामापकावर खालच्या ठरीव बिंदूची खूण करितात व उकळत्या पाण्यावरील वाफेच्या उष्णतामानावर वरच्या ठरीव बिंदूची खूण करतात.

खालच्या ठरीव बिंदूची खूण करितेवेळीं प्रयोगासाठीं घेतलेलें बर्फ शुद्ध असलें पाहिजे; कारण बर्फ शुद्ध असेल तरच त्याचें वितळण्याचें उष्णतामान कायम असतें. त्यांत जर एकादा पदार्थ मिसळला असेल तर त्याचा परिणाम बर्फाच्या वितळण्याच्या बिंदूवर होतो. हा परिणाम काय होतो हें पुढील प्रयोगानें दिसून येईल.

प्रयोग १८ वा. मिसळलेल्या पदार्थाचा बर्फाच्या वितळण्याच्या बिंदूवर होणारा परिणाम पाहणें:—आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एक कांचेचें स्वच्छ नसराळें (Funnel) लोखंडी बैठकीच्या कड्यावर ठेवून त्याच्याखालीं कांचेची बीकर ठेवा.

त्या नसराळ्यांत स्वच्छ बर्फाचे लहान लहान तुकडे भरा. बर्फ वितळून झालेलें पाणी बीकरमध्यें धरलें जाईल. पेन्सिलीनें बर्फामध्यें भोंक पाडून त्यामध्यें उष्णतामापक अशा रीतीनें ठेवा कीं, त्यांतील पाऱ्याचा शिरोभाग (Top) बर्फावर किंचित् दिसेल. बर्फांत ठेविलेलें उष्णतामापक शतांश (Centigraae) असेल तर कांहीं वेळानें त्यांतील पारा शून्य* अंशावर किंवा त्याजवळच स्थिर झालेला आढळेल.



(आ. १३ वी.)

नंतर नसराळ्यांतील बर्फांत १० ग्रॅम मीठ मिसळा. कांहीं वेळानें उष्णतामापकांतील पारा शून्य अंशाखालीं कुठें तरी स्थिर झालेला आढळेल. बर्फांत आणखी १० ग्रॅम मीठ मिसळा. उष्णतामापकांतील पारा आणखी खालीं उतरून स्थिर होईल.

या प्रयोगावरून दिसून येईल कीं, क्षारमिश्रित बर्फाचें वितळण्याचें उष्णतामान ठरीव व कायम नसतें. तें बर्फांत मिसळलेल्या क्षाराच्या प्रमाणावर अवलंबून असतें. शुद्ध बर्फाचें वितळण्याचें उष्णतामान ठरीव व कायम असतें व म्हणून उष्णतामापकावर खालच्या ठरीव बिंदूची खूण करण्यासाठीं कराव्या लागणाऱ्या प्रयोगांत नेहमीं शुद्ध बर्फ घेण्याची खबरदारी घेतली पाहिजे.

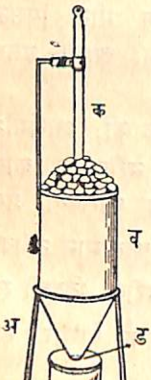
---

* टीपः—उष्णतामापकावर अंशाच्या खुणा करितेवेळीं विशेष काळजी घेतली नसल्यास पारा बरोबर शून्य अंशावर स्थिर होत नाहीं. शिवाय बर्फावर असणाऱ्या हवेच्या दाबाचा त्याच्या वितळण्याच्या बिंदूवर थोडा परिणाम होतो, म्हणून हवेच्या दाबांत बदल झाला कीं बर्फ वितळण्याच्या बिंदूंतही थोडा बदल होतो.

नवीन तयार केलेल्या उष्णतामापकावर खालच्या ठरीव बिंदूची खुण करणें.

उष्णतामापकावर खालच्या ठरीव बिंदूची खूण करण्यासाठीं त्याला शुद्ध बर्फाच्या चुऱ्यांत ठेवावें. बर्फ वितळून झालेल्या पाण्यास भांड्यांतून काढून लाविलें पाहिजे; असें केलें नाहीं तर त्या पाण्याचें उष्णतामान बर्फ वितळण्याच्या उष्णतामानापेक्षां किंचित् जास्त वाढण्याचा संभव असल्यामुळें खालचा ठरीव बिंदू बरोबर मिळणार नाहीं. बर्फाच्या चुऱ्यांत उष्णतामापक पुरेसा वेळ ठेविल्यावर उष्णतामापकांतील पारा ज्या ठिकाणीं स्थिर होईल त्या ठिकाणीं खूण करावी. अशा रीतीनें मांडलेल्या खालच्या ठरीव बिंदूला पाणी गोठण्याचा बिंदूही म्हणतात.

प्रयोग १९ वा:—अ ह्या लोखंडी तिवईवर व हें पंचपात्रीच्या आकाराचें तांब्याचें भांडें बसविलें आहे. वच्या तळाजवळ एक सछिद्र तबकडी असते. भांड्यांतील बर्फ जसजसें वितळतें तसतसें त्याचें पाणी त्या सछिद्र तबकडींतून खालीं पडून ड भोंकावाटें खालील भांड्यांत पडतें. व भांडें शुद्ध बर्फाच्या लहान लहान तुकड्यांनीं भरून त्यामध्यें खुणा करावयाचें क हें उष्णतामापक ठेवा. उष्णतामापकांतील पारा खालीं उतरूं लागेल. पारा स्थिर झाला म्हणजे त्याचा शिरोभाग किंचितसा बर्फाच्या वर राहील अशा रीतीनें तें उष्णतामापक बर्फांत खालीं सरकवा व शेवटीं पारा स्थिर झाला म्हणजे पाऱ्याच्या सपाटीबरोबर नळीवर त्रिकोनी कानसीनें खूण करा.



(आ. १४ वी.)

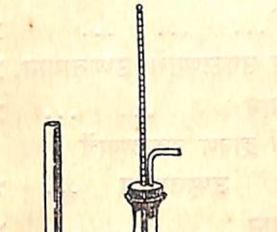
खालच्या ठरीव बिंदूची खूण केल्यानंतर उष्णतामापकावर वरच्या ठरीव बिंदूची खूण करितात; व ह्यासाठीं मागें सांगितल्याप्रमाणें उष्णता मापक उकळत्या पाण्यावरील वाफेंत धरितात. ह्या प्रयोगांत उष्णतामापक उकळत्या पाण्यांत बुडविलें न पाहिजे; कारण उकळत्या पाण्याचें उष्णतामान कायम व ठरीव नसतें. त्यावर त्या उकळत्या पाण्यांत विद्रुत अस-

लेल्या क्षाराचा परिणाम होतो. हा परिणाम काय होतो हें पुढील प्रयोगानें दिसून येईल.

प्रयोग २० वा: –विद्युत पदार्थांचा पाण्याच्या उत्कलन

(अ) **विंदूवर होणारा परिणाम.**

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उपकरणाची सिद्धता करा.



आ. १९ वी.

चंबूमध्यें शुद्ध केलेलें पाणी (Distilled Water) घेऊन तें उकळा. व प्रथम उष्णतामापक वाफेमध्यें धरून वाफेचें स्थिर उष्णतामान पहा व नंतर उष्णतामापक खालीं सरकवून उकळत्या पाण्याचें स्थिर उष्णतामान पहा. दोन्ही वेळा उष्णतामान जवळ जवळ एकच–शतांश उष्णतामापक असल्यास जवळ जवळ शंभर–आढळून येईल.

(ब) नंतर सोइस्कर होईल त्याप्रमाणें वरील प्रयोगांतील चंबूत १५० घ. सें. किंवा २०० घ. सें. पाणी घ्या व त्यांत कॅलशियम क्लोराईड (Calcium Chloride) किंवा सोडियम नैट्रेट (Sodium Nitrate) सारख्या अतिशय द्राव्य क्षाराचे २० ग्रॅम टाका. द्रावण उकळवा, व प्रथम उष्णतामापक वाफेमध्यें धरून वाफेचें स्थिर उष्णतामान पहा व नंतर उष्णतामापक खालीं सरकवून उकळत्या द्रावणाचें उष्णतामान पहा.

टीपः—चंबूतील पाणी उकळत असतांना जर थडथड उडेल तर त्यामध्यें तापवून थंड केलेले कवेलूचे किंवा चिनीमातीच्या नळीचे कांहीं तुकडे टाका म्हणजे उकळत्या पाण्याचें थडथड उडणें बंद होईल.

वरील प्रयोग पुन्हा करा. ह्यावेळीं चंबूमध्यें शुद्ध पाणी पहिल्या इतकेंच घ्या पण त्यांत पूर्वींचा क्षार ४० ग्रॅम टाका. तिसऱ्या वेळीं चंबूंत शुद्ध पाणी पुन्हां तितकेंच घेऊन त्यांत तो क्षार ६० ग्रॅम टाका.

केलेलीं निरीक्षणें पुढीलप्रमाणें मांडा.

(अ) { वाफेचें उष्णतामान ... ... × श.
उकळत्या शुद्ध पाण्याचें उष्णतामान ... × श.

(ब) १ { वाफेचें उष्णतामान ... ... × श.
२० ग्रॅम क्षाराचें द्रावण उकळण्याचें उष्णतामान. × श.

(२) { वाफेचें उष्णतामान ... ... × श.
४० ग्रॅम क्षाराचें द्रावण उकळण्याचें उष्णतामान ... × श.

(३) { वाफेचें उष्णतामान ... ... × श.
६० ग्रॅम क्षाराचें द्रावण उकळण्याचें उष्णतामान ... × श.

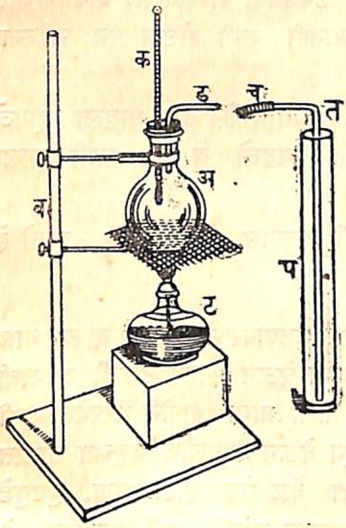
वरील प्रयोग केल्यावर असें आढळून येईल कीं, पाण्यांतील विद्रुत क्षाराचें प्रमाण जसजसें वाढतें तसतसें त्याच्या उकळण्याचें उष्णतामानही वाढतें; पण उकळत्या पाण्यावरील किंवा द्रावणावरील वाफेचें उष्णतामान मात्र कायम राहतें. वाफेच्या उष्णतामानावर पाण्यांतील विद्रुत पदार्थांचा परिणाम होत नाहीं. बाष्पीभवनामुळें द्रावण जसजसें कमी होतें तसतसें त्याचें मात्र उकळण्याचें उष्णतामान हळूहळू वाढत जातें.

२० अ प्रयोगावरून दिसून येतें कीं, शुद्ध द्रवाचें उकळण्याचें उष्णतामान ठरीव व कायम असतें व हें उष्णतामान द्रवावरील वाफेच्या उष्णतामानाइतकेंच असतें. ही गोष्ट मोठी महत्त्वाची आहे; कारण ह्या गोष्टीमुळें एकादा द्रवपदार्थ शुद्ध आहे किंवा नाहीं हें त्याचा उत्कलन बिंदु (Boiling point) कायम व स्थिर राहतो कीं हळूहळूं वाढत जातो हें पाहून ठरवितां येतें. उत्कलन बिंदु कायम न राहतां पुढें हळूहळूं वाढूं लागेल तर तो द्रवपदार्थ शुद्ध नसला पाहिजे हें उघड होतें.

पाणी शुद्ध असो वा नसो, उकळत्या पाण्यावरील वाफेचें उष्णतामान नेहमीं सारखेंच असतें व तें उकळत्या शुद्ध पाण्याच्या उष्णतामानाइतकें असतें म्हणून नवीन उष्णतामापकावर वरच्या ठरीव बिंदूची खूण करतेवेळीं उष्णतामापक वाफेमध्यें धरितात. त्याचप्रमाणें कोणत्याही द्रवपदार्थाचा उत्कलन बिंदु पाहतेवेळीं त्या द्रवपदार्थांत विद्रुत असलेल्या घन पदार्थांचा परिणाम उत्कलन बिंदूवर होऊं नये म्हणून उष्णतामापक नेहमीं वाफेमध्यें धरितात.

उकळत्या पाण्यावरील दाब कायम असेपर्यंत वाफेचें उष्णतामान ठरीव व कायम असतें; पण दाबांत बदल झाला कीं, वाफेच्या उष्णतामानांत बदल होतो. हा बदल कोणत्या प्रकारचा होतो हें पुढील प्रयोगावरून दिसून येईल.

प्रयोग २१ वा:—पाण्याच्या वाफेच्या उष्णतामानावर (उत्कलन बिंदुवर) दाबाचा परिणाम:—आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उपकरणाची सिद्धता करा



(आ. १६ वी.)

अ हा सपाट चंबू ब ह्या लोखंडी बैठकीच्या कड्यावर पकडीनें धरिलेला आहे. चंबूच्या तोंडावर बसविलेल्या बुचांत क हें उष्णतामापक आणि ड ही काटकोनाकृति कांचेची नळी बसविलेली आहे. प ही कांचेची रुंद नळी पाण्यानें भरलेली असून तींत त ही काटकोनाकृति अरुंद नळी आहे. ट हा स्पिरिटचा दिवा आहे.

चंबूंतील पाणी ट ह्या स्पिरिटच्या दिव्यानें तापवून त्याला उकळी आणावी व उष्णतामापक वाफेंत धरून, उष्णतामान स्थिर झाल्यावर

पहावें. ह्या वेळीं पाणी हवेच्या दाबाखालीं उकळत असतें. नंतर ड नळी च ह्या रबरी नळीनें त नळीला जोडावी; म्हणजे उकळत्या पाण्यावरील दाब वाढतो. (कारण ड नळी त नळीला जोडण्यापूर्वी चंबूंतील वाफ हवेच्या दाबाखालीं बाहेर पडत होती व म्हणून उकळत्या पाण्यावरील दाब हवेच्या दाबाइतका होता, पण त्या नळ्या जोडल्यावर वाफेला प नळींतील पाण्याचा प्रतिरोध होतो व ती आतां जास्त दाबाखालीं बाहेर येत असते व म्हणून उकळत्या पाण्यावरील दाब वाढतो.) दाबांत होणारी वाढ प नळींतील पाण्याच्या उंचीवर अवलंबून असते.

उष्णतामान स्थिर झाल्यावर पहावें. हें उष्णतामान वाफ ज्यावेळीं नुसत्या हवेच्या दाबाखालीं बाहेर पडत असते त्यावेळच्या वाफेच्या उष्णतामानापेक्षां उच्च असलेलें आढळून येईल.

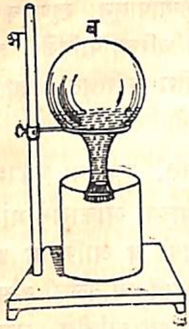
नंतर ड नळी त नळीपासून वेगळी केली म्हणजे चंबूतील वाफ पुन्हा हवेच्या दाबाखालीं बाहेर पडूं लागते; उकळत्या पाण्यावरील दाब अर्थात् कमी होतो व वाफेचें स्थिर उष्णतामानही कमी होऊन पुनः पहिल्यासारखें होतें.

ह्या प्रयोगावरून हें सिद्ध होतें कीं, **पाण्यावरील दाब वाढला म्हणजे उत्कलन बिंदु (Boilinig poinit) चढतो व दाब कमी झाला म्हणजे तो उतरतो.**

पाण्याच्या पृष्ठभागावरील दाब कमी झाल्यास उत्कलनबिंदु उतरतो हें पुढील प्रयोगानेंही सिद्ध होतें.

प्रयोग २२ वा:—अ बैठकीच्या कड्यावर ठेवलेल्या ब ह्या गोल बुडाच्या चंबूंत सरासरी चवथा भाग पाणी घेऊन त्याला उकळी आणावी व आंतील सर्व हवा निघून जाऊन तिची जागा वाफेनें भरेपर्यंत पाणी उकळूं द्यावें. नंतर खालील दिवा काढून घेऊन लागलीच चंबूच्या तोंडांत रबरी बूच घट्ट बसवावें व तो चंबू थोडा वेळ थंड होऊं द्यावा. बुडबुडे वर येण्याचें बंद होऊन पाण्याचें उष्णतामान कांहींसें कमी झाल्यावर तो चंबू आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें बैठकीच्या कड्यावर उलटा करून ठेवावा, व त्यावर पाणी ओतावें. ह्या वेळीं आंतील पाण्याचें उष्ण-

तामान बरेंच कमी झालें असून देखील पाण्यांतून पुनः बुडबुडे वर येऊं लागून तें



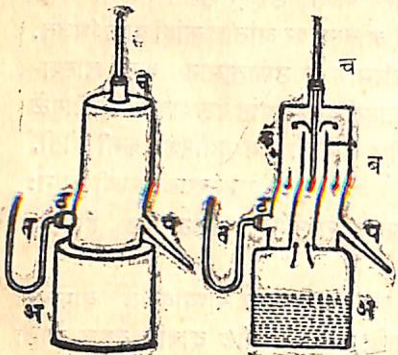
(आ. १७ वी.)

उकळूं लागतें. रबरी बूच चंबूच्या तोंडांत बसविण्यापूर्वी पाण्यावरील दाब हवेच्या दाबाइतका होता. बूच बसविल्यावर थंड पाणी चंबूवर ओतण्यापूर्वी पाण्यावर हवेच्या दाबाइतका दाब होता व त्या दाबाखालीं कमी झालेल्या उष्णतामानावर पाणी उकळूं शकत नव्हतें. थंड पाणी वर ओतल्यावर आंतील कांहीं वाफ थिजते. वाफेचें परिमाण व उष्णतामान कमी झाल्यामुळें व बाहेरील हवा आंत येऊं शकत नसल्यामुळें पाण्यावरील वाफेचा दाब पूर्वींपेक्षां कमी होतो. ह्या कमी झालेल्या दाबाखालीं पाणी पुनः उकळूं लागतें. शेवटीं बुडावर बर्फ ठेवून पाणी पुष्कळ थंड होईपर्यंत त्यास उकळवितां येतें.

वरील प्रयोगावरून दिसून येतें कीं, उकळत्या पाण्यावरील वाफेचेंही उष्णतामान कांहीं नेहमीं ठरीव नसतें. पाण्यावरील दाबांत बदल झाला म्हणजे वाफेच्या उष्णतामानांत किंवा उत्कलन बिंदूंतही बदल होतो. उकळत्या पाण्यावरील दाब ३० इंच किंवा ७६० मि. मि. उंचीच्या पाऱ्याच्या दाबाइतका (ह्या दाबाला हवेचा प्रमाणभूत दाब—Standard Atmospheric pressure म्हणतात.) असतो त्यावेळीं शतांश पद्धतींत वाफेचें उष्णतामान १००° (शंभर अंश) समजून तें उष्णतामान वरचा ठरीव बिंदु घेतात. पण उकळत्या पाण्यावरील दाब प्रत्येक ठिकाणीं व प्रत्येक वेळीं हवेच्या ह्या प्रमाणभूत दाबाइतका असेलच असा नेम नाहीं, म्हणून वरच्या ठरीव बिंदूची खूण करण्यासाठीं प्रयोग करितांना नवीन तयार केलेलें उष्णतामापक वाफेंत धरल्यावर त्यावेळीं उकळत्या पाण्यावर जो दाब असेल (हा दाब पाण्यावरील वाफेच्या दाबाबरोबर असतो) तो पाहून; त्या दाबाखालीं वाफेचें जें उष्णतामान असतें तें उष्णतामापकांतील पाऱ्याच्या सपाटीबरोबर नळीवर मांडतात, व हें उष्णतामान वरचा ठरीव बिंदु होय.

उष्णतामापकावर वरच्या ठरीव बिंदूची खूण करणें:— वरच्या ठरीव बिंदूची खूण करितांना उष्णतामापकाच्या फुग्यापासून खूण करण्याच्या जागेपर्यंत उष्णतामापकाचा सर्व भाग वाफेंत धरिला पाहिजे. ह्या कामाकरितां हिप्सामिटर नांवाच्या उपकरणाचा उपयोग करितात. ह्याचें बाह्य व अंतर स्वरूप पुढील आकृतींत दाखविलें आहे.

हिप्सामिटर बहुधा तांब्याच्या पत्र्याचें केलेलें असतें. त्याच्या बुडाशीं



(आ. १८ वी.)

अ हें हंड्याच्या आकाराचें भांडें असून त्यावर ब आणि क हीं दोन नळकांडीं बसविलेलीं असतात. ब ह्या आंतील नळकांड्याचीं दोन्ही टोंकें उघडीं असून, एका टोंकानें अ भांड्यांतील पाण्याची वाफ वर जाते व दुसऱ्या टोंकानें ती 'शर' चिन्हानें दाखविल्याप्रमाणें बाहेरील नळकांड्यांत जाते. ब नळकांड्यांतील वाफ क नळकांड्यांतील वाफेनें नेहमीं वेष्टिलेली असल्यामुळें ती थिजत नाहीं व तिचें उष्णतामान नेहमीं सारखें राहतें. क ह्या बाहेरील नळकांड्याचा अ भागाशीं प्रत्यक्ष संबध नाहीं. त्याला नळीच्या आकाराचीं तीन तोंडे असतात. च ह्या तोंडांत बूच घट्ट बसवून त्यानें तयार केलेलें उष्णतामापक ब नळकांड्यांत वाफेंत धरितात. त ही पारा असलेली कांचेची वांकविलेली नळी ट ह्या तोंडाला जोडलेली आहे. व तीमुळें उपकरणांतील वाफेचा दाब मोजतां येतो. अ भांड्यांतील पाणी उकळूं लागलें म्हणजे वाफ प्रथम ब नळकाड्यांत जाऊन क नळकांड्यांत जाते व प ह्या तोंडातून बाहेर पडते.

प्रयोग २३ वा:——हिप्सामिटर स्टोव्हवर किंवा शेगडीवर ठेवावें. आंतील पाणी उकळूं लागल्यावर उष्णतामापकांतील हळूहळूं वर चढत असलेला पारा कांहीं वेळानें स्थिर होईल. उष्णतामापकांतील पारा स्थिर

झाल्यावर तो बुचावर किंचित मात्र दिसेल अशा बेतानें तें उष्णतामापक खालीं सारावें म्हणजे त्याचा पाऱ्याच्या सपाटीपर्यंत बहुतेक भाग वाफेनें वेष्टिलेला राहलि. पारा स्थिर झाल्यावर त्याच्या सपाटी बरोबर नळीवर त्रिकोनी कानसीनें बारीक खूण करावी.

नंतर त नळींतील पाऱ्याची जागा पाहून उपकरणांतील वाफेचा दाब (म्हणजे पाण्यावरील दाब) हवेच्या दाबापेक्षां किती जास्त किंवा कमी आहे तें पहावें व वायुभारमापकानें हवेचा दाब पाहून वाफेचा दाब मोजावा; व ह्या दाबाच्या वेळीं वाफेचें जें उष्णतामान असेल (हें ह्या प्रकारचीं कोष्टकें देणाऱ्या पुस्तकांत पाहतां येईल) तें खूण केलेल्या ठिकाणीं लिहावें.

पाण्यावरील दाबांतील फरकामुळें उत्कलन बिंदूंत होणारा फरक व त्याचा हिशेबः—

द्रव पदार्थाचा उत्कलनबिंदु किंवा त्याच्या वाफेचें स्थिर उष्णतामान ज्या दाबाखालीं तो पदार्थ उकळत असेल त्या दाबावर अवलंबून असतें हें मागें २१, २२ ह्या दोन प्रयोगांनीं सिद्ध झालें आहे. हवेंत उघड्या भांड्यांत द्रव पदार्थ उकळूं लागण्यापूर्वीं खालीं दाबणाऱ्या हवेला वर सारून बाहेर पडण्यास पुरे इतका जोर असेल इतकी वाफ त्या द्रव पदार्थापासून उत्पन्न झाली पाहिजे. हवेचा दाब एकाच ठिकाणीं वारंवार बदलतो व तो पर्वतावर किंवा उंच ठिकाणीं जितका असतो त्यापेक्षां दरींत अथवा खोल ठिकाणीं जास्त असतो; म्हणून हवेचा दाब जास्त असतो तेव्हां किंवा तो ज्या ठिकाणीं जास्त असतो त्या ठिकाणीं द्रव पदार्थाला उकळी फुटण्याकरितां अथवा बाहेर पडणाऱ्या वाफेंत जास्त जोर उत्पन्न होण्याकरितां जास्त उष्णतामानापर्यंत तापवावें लागतें; व म्हणून अशा वेळीं व अशा ठिकाणीं द्रव पदार्थाचा उत्कलन बिंदु जास्त उच्च असतो. उलट हवेचा दाब कमी असतो त्या वेळीं उत्कलन बिंदूही कमी असतो.

पाण्यावरील दाब ज्यावेळीं प्रमाणभूत असतो, म्हणजे तो ७६० मि. मि. उंचीच्या पाऱ्याच्या दाबाइतका असतो, त्यावेळीं पाण्याचा उत्कलन बिंदु शतांश उष्णतामापकावर शंभर अंशानें दाखवितात. असें आढळून आलें आहे कीं, पाण्यावरील दाबांत २७ मि. मि. उंचीच्या पाऱ्याच्या

दाबाइतका फरक पडला म्हणजे पाण्याच्या उत्कलन बिंदूंत साधारणपणें एक अंशाचा फरक पडतो. उदाहरणार्थ, पाण्यावरील दाब ७०६ मि. मि. उंचीच्या पाऱ्याच्या दाबाइतका म्हणजे प्रमाणभूत (७६० मि. मि.) दाबापेक्षां ५४ मि. मि. कमी असेल तर पाण्याचा उत्कलन बिंदु ९८° श. होईल. दाब जास्त असल्यास उत्कलन बिंदु ह्याच प्रमाणांत उच्च होईल.

उष्णमापकावर अंश मांडण्याच्या पद्धतिः—ज्याप्रमाणें लांबी किंवा रुंदी मोजण्यास वार (Yard) हें प्रमाणमाप (Unit of measure) घेतात त्याचप्रमाणें ह्या दोन ठरीव बिंदूमधील अंतर उष्णतामान मोजण्याचें प्रमाण घेतात, पण वारापेक्षां कमी लांबी मोजण्याकरितां ज्याप्रमाणें त्याचे लहान भाग पाडून फूट किंवा इंच हें लहान प्रमाण घेतात त्याचप्रमाणें उष्णतामान मोजण्यास दोन ठरीव बिंदूंमधील अंतराचे समान भाग करून लहान प्रमाण मिळविलें पाहिजे.

आतां ह्या दोन ठरीव बिंदूमधील अंतराचे किती भाग पाडावयाचे हा प्रश्न उपस्थित होतो. उष्णतामापक तयार करणाऱ्या निरनिराळ्या माणसांनीं आपापल्या मनाप्रमाणें ह्या अंतराचे वाटेल तसे विभाग केल्यास ह्या निरनिराळ्या उष्णतामापकांनीं मोजलेल्या एकाच पदार्थाच्या उष्णतामानांत एकवाक्यता राहणार नाहीं. अशी स्थिति न व्हावी म्हणून ह्या अंतराचे विभाग कोणत्या तरी विशिष्ट पद्धतीनें केले पाहिजेत. आज मितीस उष्णतामापकावर अंश मांडण्याच्या खालीं दिलेल्या तीन पद्धति अमलांत आहेत, पण त्यांपैकीं पहिल्या दोनच विशेष प्रचारांत आहेत.

शतांश (centigrade) **पद्धतिः**—ह्या पद्धतींत उष्णतामापकावर मांडलेल्या खालच्या ठरीव बिंदूच्या जागीं शून्य अंश मांडतात व वरच्या किंवा उत्कलन बिंदूच्या जागीं (पाणी प्रमाणभूत दाबाखालीं उकळत असल्यास) शंभर अंश मांडतात; व मग ह्या दोन ठरीव बिंदूमधील अंतराचे शंभर समान भाग पाडून प्रत्येक भागाला अंश असें म्हणतात.

शतांश पद्धतीप्रमाणें अंशाच्या खुणा केलेल्या उष्णतामापकाला शतांश (Centigrade) उष्णतामापक म्हणतात. हें उष्णतामापक दुसऱ्या प्रकारच्या उष्णातामापकांपेक्षां जास्त सोईचें असल्यामुळें पुष्कळ लोक, विशेषतः सर्व भौतिक शास्त्रज्ञ ह्याच तऱ्हेच्या उष्णतामापकाचा उपयोग

करितात. ही पद्धति सेलसिअस (Selsius) नांवाच्या मनुष्यानें प्रथम उपयोगांत आणिली.

फॅरेनहीटची पद्धतिः—ही पद्धति फॅरेनहीट नांवाच्या शास्त्रज्ञानें प्रथम १७१४ सालीं उपयोगांत आणिली, नवसागर व बर्फ यांचें समप्रमाणांत मिश्रण करून त्यांत उष्णतामापक ठेविल्यावर ज्या ठिकाणीं पारा स्थिर राहिला त्या ठिकाणीं फॅरेनहीटनें शून्य अंश मांडला व उत्कलन बिंदूच्या ठिकाणीं २१२ अंश मांडून मधील अंतराचे २१२ समान भाग केले. ह्या पद्धतीनें अंश मांडलेलें उष्णतामापक वितळणाऱ्या शुद्ध बर्फांत ठेविलें असतां पारा ३२ अंशावर स्थिर होतो; म्हणजे फॅरेनहीट उष्णतामापकावरील खालचा ठरीव बिंदु (गोठण्याचा बिंदु) ३२ अंशावर असतो व उत्कलन बिंदु २१२ अंशावर असतो. ह्या दोन बिंदूंमधील अंतर १८० अंश असतें.

हें उष्णतामापक विशेषेंकरून इंग्लंड, हालंड व उत्तरअमेरिका ह्या देशांत उपयोगांत आहे.

रीमरची पद्धतिः—ही पद्धति रीमर नांवाच्या मनुष्यानें प्रथम उपयोगांत आणली. ह्यानें गोठण्याच्या बिंदूच्या ठिकाणीं शून्य अंश व उत्कलन बिंदूच्या ठिकाणीं ऐंशी अंश मांडून त्या दोन बिंदूंमधील अंतराचे ८० समान भाग केले.

हें उष्णतामापक रशिया व उत्तर जर्मनी ह्या देशांत उपयोगांत आहे.

उष्णतामापकावर अंशाच्या खुणा करण्याकरितां त्याच्या नळीवर मेणाचा पातळ थर लावतात व नंतर पोलादी टोंकानें अंशाच्या रेषा व यथोचित आंकडे त्यावर कोंरतात. नंतर ती नळी हैड्रोक्लोरिक ॲसिडच्या वाफेवर धरिली म्हणजे कोंरल्यामुळें उघड्या पडलेल्या भागावर त्या वाफेचें कार्य होऊन पाहिजे असलेल्या खुणा उष्णतामापकावर उमटून पक्क्या होतात. उरलेलें मेण टरपेंटाइननें पुसून टाकितात.

अंश मांडावयाचे असल्यास उष्णतामान दर्शविणारा अंक लिहून त्याच्या थोडें वर उजव्या बाजूला लहान टिंब देतात, व हे अंश कोणत्या उष्णतामापकावरील आहेत हें समजण्याकरितां तें उष्णतामापक दर्शविणारें

अक्षर पुढें लिहितात. उदाहरणार्थ, शतांश उष्णतामापकावरील पंधरा अंशांचें उष्णतामान १५° श. असें लिहितात.

उष्णतामान शून्य अंशाच्या खुणेवर आहे किंवा खालीं आहे हें कळण्याकरितां + किंवा – हीं चिन्हें उपयोगांत आणतात. उदाहरणार्थ, शून्य अंशाखालील १५ अंश उष्णतामान – १५° श. असें लिहितात.

निरनिराळ्या प्रकारच्या उष्णतामापकांनीं दाखविलेल्या उष्णतामानांचें एकमेकांत रूपांतर करणें.

फॅरेनहीट उष्णतामान शतांश उष्णतामानांत बदलणें व शतांश उष्णतामान फॅरेनहीट उष्णतामानांत बदलणें:– फॅरेनहीट उष्णतामापकांत गोठण्याचा बिंदु व उत्कलनबिंदु यामधील अंतराचे १८० भाग केलेले असतात, आणि शतांश उष्णतामापकांत याच अंतराचे १०० भाग केलेले असतात; म्हणून शतांश उष्णतामापकाचा एक अंश फॅरेनहीट उष्णतामापकाच्या $\frac{९}{५}$ अंशाबरोबर असतो, व एक फॅरेनहीट अंश $\frac{५}{९}$ शतांश अंशाबरोबर असतो.

फॅरेनहीट उष्णतामापकांत गोठण्याचा बिंदु ३२ अंश असतो व शतांश उष्णतामापकांत तो शून्य अंश असतो, म्हणून दोन्ही उष्णतामापकांतील अंशांचे भाग जरी सारखे असते तरी फॅरेनहीट उष्णतामान त्याला अनुसरून असणाऱ्या शतांश (Centigrade) उष्णतामानापेक्षां ३२ अंशांनीं जास्त असतें. तेव्हां शतांश उष्णतामानाबरोबरचें फॅरेनहीट उष्णतामान काढावयाचें असल्यास पुढील सारणी उपयोगांत आणावी.

$$\text{फॅ.} = \frac{९}{५}\,\text{श.} + ३२$$

फॅरनहीट उष्णतामानाबरोबरचें शतांश उष्णतामान काढावयाचें असल्यास श. = (फॅ. – ३२) $\frac{५}{९}$ ह्या सारणीचा उपयोग करावा.

उदा. १. ४५° श. उष्णतामानाबरोबरचें फॅरेनहीट उष्णतामान काढा.

४५° श. उष्णतामान गोठण्याच्या बिंदूवर ४५ श. अंश आहे.

४५ श. अंश, $४५ \times \frac{९}{५} = ८१$ फॅरेनहीट अंशाबरोबर होतात. तेव्हां फॅरेनहीट उष्णतामान ८१+३२=११३° फॅ. होईल. अथवा फॅ. उष्णतामान = $४५ \times \frac{९}{५} + ३२ = ८१ + ३२ = ११३$° फॅ.

उत्तरः—११३° फॅ.

उदा. २. ८६° फॅ. उष्णतामाना बरोबर शतभाग उष्णतामान काढा.

दिलेलें फॅरेनहीट उष्णतामान गोठण्याच्या बिंदूवर ५४° फॅ. आहे. ५४ अंश फॅरेनहीट हे $५४\times\frac{५}{९}$ = ३०° श. झालें. अथवा श. = (८६° फॅ–३२°) $\frac{५}{९}$ = $५४\times\frac{५}{९}$ = ३०°

उत्तरः—३०° श.

शतांश उष्णतामान रीमर उष्णतामानांत बदलणें व रीमर उष्णतामान शतांश उष्णतामानांत बदलणें:—दोन्ही उष्णतामापकांत गोठण्याचा बिंदु शून्य अंश असतो पण उत्कलन बिंदु शतांश उष्णतामापकांत १००° श. असून, रीमर उष्णतामापकांत ८०° री. असतो; तेव्हां एक शतांश अंश $\frac{४}{५}$ री. अंशाबरोबर असतो.

शतांश उष्णतामानाबरोबर रीमर उष्णतामान काढण्याकरितां री. = $\frac{४}{५}$ श. ह्या सारणीचा उपयोग करावा.

रीमर उष्णतामानाबरोबर शतांश उष्णतामान काढण्याकरितां श.= $\frac{५}{४}$ री. ह्या सारणीचा उपयोग करावा.

फॅरेनहीट उष्णतामान रीमर उष्णतामानांत व रीमर उष्णतामान फॅरेनहीट उष्णतामानांत बदलणें.

१८० फॅ. अंश, ८० री. अंशांबरोबर असतात आणि म्हणून एक अंश फॅरेनहीट $\frac{४}{९}$ रीमर अंशाबरोबर होतो व एक अंश रीमर $\frac{९}{४}$ फॅरेनहीट अंशांबरोबर होतो. म्हणून. फॅ = $\frac{९}{४}$ री. + ३२ तसेंच री. = (फॅ.– ३२) $\frac{४}{९}$.

उदा. ३ ज्या उष्णतामानावर फॅरेनहीट उष्णतामान व शतांश उष्णतामान एकाच आंकड्यानें दाखविलीं जातील असें उष्णतामान काढा.

असलें उष्णतामान क्ष आहे असें समजा.

शतांश उष्णतामान क्ष असलें तर फॅरेनहीट उष्णतामान $\frac{९}{५}$ क्ष + ३२ हें होईल. आतां फॅरेनहीट उष्णतामानही क्ष आहे;

तेव्हां क्ष = $\frac{९}{५}$क्ष + ३२°

– ३२° = $\frac{४}{५}$ क्ष

∴ ४०° = क्ष.

फॅरेनहीट उष्णतामापक –४०° फॅ. उष्णतामान दाखवितें त्यावेळीं शतांश उष्णतामापक देखील तेंच उष्णतामान (–४०° श.) दाखवितें.

उष्णतामानाची दुरुस्ती.

उष्णतामापकें जरी अगदीं काळजीपूर्वक तयार केलीं व त्यांच्या दोन ठरीव बिंदूमधील अंतराचे अगदीं बिनचुक समान भाग पाडले तरी तीं पुढें अगदीं बरोबर उष्णतामानें क्वचितच दाखवितात; व म्हणून उष्णतामान बरोबर मिळण्याकरतां पाहिलेल्या उष्णतामानांत दुरुस्ती केली पाहिजे. असें आढळून येतें कीं, उष्णतामापकावरील गोठण्याच्या बिंदूत कांहीं कालानंतर फरक पडतो; तो पाहून पाहिलेल्या उष्णतामानांत जरूर ती दुरुस्ती केली पाहिजे.

गोठण्याच्या बिंदूंत होणारा फरक पाहण्याकरितां १४ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उपकरणाची सिद्धता करून शुद्ध बर्फांत उष्णतामापक ठेवावें व स्थिर होईल त्या ठिकाणचें उष्णतामान पहावें. गोठण्याचा बिंदु बहुतेक चढलेला आढळतो. उष्णतामापक शुद्ध बर्फांत ठेवल्यावर पारा ०.५° श. वर स्थिर होतो असें समजा. अर्थात् गोठण्याचा बिंदु शून्य अंशाऐवजीं +०.५° नें दाखविला जातो व त्याचप्रमाणें त्या उष्णतामाफकानें दाखविलेलें प्रत्येक उष्णतामान ०.५ अंशानें जास्त दाखविलें जाईल. तेव्हां खरें उष्णतामान मोजलेल्या उष्णतामानापेक्षां ०.५° अंशानें कमी होईल तेव्हां –०.५° ही दुरुस्ती ह्या उष्णतामापकानें मोजलेल्या उष्णतामानांत करावी लागेल व असें केलें म्हणजे उष्णतामान बरोबर मिळेल.

ह्या प्रकरणांतील महत्वाच्या गोष्टी.

स्पर्शेंद्रियानें पदार्थ किती उष्ण आहे किंवा थंड आहे तें नक्की समजत नाहीं.

उष्णतामापक हें पदार्थाचें उष्णतामान मोजण्याचें यंत्र (Instrument) आहे.

उष्णतामापकाकरितां लागणारी कांचेची नळी सर्वत्र सारख्या बारीक भोंकाची व एका टोंकाजवळ मोठा फुगा असलेली अशी असावी.

त्याचप्रमाणें ह्या यंत्राकरितां लागणारा द्रवपदार्थ

(१) उष्णतामानांतील थोड्याशा वाढीनें पुष्कळ प्रसरण पावणारा असला पाहिजे.

(२) सहजासहजीं घन किंवा वायुरूप स्थितींत न गेला पाहिजे.

उष्णतामापकावरील ठरीव बिंदुः—(१) शुद्ध बर्फ वितळण्याचें किंवा शुद्ध पाणी गोठण्याचें उष्णतामान, (२) तीस इंच उंचीच्या पाऱ्याच्या दावाइतक्या दाबाखालीं पाणी उकळत असतां त्याच्या वाफेचें उष्णतामान.

उकळत्या पाण्याचें उष्णतामान ठरीव नसतें, तें त्यांत विद्रुत असलेल्या क्षाराच्या परिमाणावर अवलंबून असतें व म्हणून उष्णतामापकावरच्या ठरीव बिंदूची (उत्कलन बिंदूची) खूण करिते वेळीं उष्णतामापक वाफेंत धरलें पाहिजे.

उष्णतामापकें तीन प्रकारचीं आहेत.

	शतांश	फॅरेनहीट	रीमर.
उत्कलनबिंदु	१००°	२१२°	८०°
गोठण्याचा बिंदु	०°	३२°	०°

प्रश्नसंग्रह २ रा.

१. उष्णतामापक तयार करण्याकरितां लागणारी नळी निवडतेवेळीं नळी व तिचा फुगा ह्यांविषयीं कोणत्या गोष्टी लक्षांत ठेविल्या पाहिजेत त्या सांगून त्यांचीं कारणें द्या.

२. सामान्य उपयोगाचीं उष्णतामापकें तयार करण्यास पाऱ्याची निवड करण्याचीं कारणें सांगा.

३. फॅरेनहीट उष्णतामापकानें दाखविलेलें उष्णतामान जर १४° फॅ. असेल तर शतांश (Centigrade) उष्णतामापक किती उष्णतामान दाखवील ?

४. ११०° फॅ. पर्यंत उष्णतामान दाखविणारें ताप पहाण्याचें उष्णतामापक स्वच्छ करण्यास एका डाक्टरनें आपल्या नवीन काम्पौंडरास दिलें.

त्यानें तें उकळत्या पाण्यांत धरून स्वच्छ करून आणून दिलें, पण तें आतां निरुपयोगी झालें आहे असें डाक्टरला आढळून आलें, याचें कारण काय ?

५. नवीन तयार केलेल्या उष्णतामापकावर वरील ठरीव बिंदूची खूण करते वेळीं उष्णतामापकाचा फुगा उकळत्या पाण्यांत न धरितां वाफेंत कां धरितात ? तुमच्या उत्तराचा खुलासा जरूर त्या प्रयोगाचें वर्णन करून करा.

६. पदार्थांची उष्णताविषयक स्थिति पाहण्याकरितां उष्णतामापकाची अवश्यकता कशी उत्पन्न होते ह्याचा खुलासा करा.

७. एकाद्या ठिकाणीं ज्या उष्णतामानावर पाणी सामान्यतः उकळतें त्या उष्णतामानाच्या (१) खालील उष्णतामानावर, (२) वरील उष्णतामानावर त्याच ठिकाणीं पाणी कसें उकळवाल तें सांगा.

८. उष्णतामापकाचा उत्कलन बिंदु ठरवितेवेळीं हवेचा दाब पाहण्याचें कारण काय ?

९. पाऱ्याच्या उष्णतामापकावरील ठरीव बिंदु ठरवितांना फुगा वितळत्या बर्फांत आणि उकळत्या पाण्यांत ठेविला होता. त्या दोन प्रयोगांत उपयोगांत आणिलेल्या बर्फांत व पाण्यांत थोडें मीठ मिसळलें होतें असें नंतर आढळून आलें. बर्फांतील व पाण्यांतील मिठाचा परिणाम उष्णतामापकाच्या ठरीव बिंदूवर काय होतो हें सांगा.

१०. टेंकडीच्या पायथ्यापेक्षां टेंकडीच्या माथ्यावर हवेचा दाब कमी असतो हें तुम्हीं वायुभारमापकावांचून कसें दाखवाल ?

प्रकरण ३ रें.

पदार्थांच्या प्रसरणाविषयीं जास्त माहिती.

उष्णतामान वाढलें म्हणजे पदार्थ प्रसरण पावतात व तें कमी झालें म्हणजे पदार्थ आकुंचन पावतात हें पहिल्या प्रकरणांत दाखविलें आहे. त्याचप्रमाणें उष्णतामानांतील वाढ सारखी झाली असली तरी निरनिराळे पदार्थ निरनिराळ्या प्रमाणांत प्रसरण पावतात हेंही पण मागें दाखविलें आहे. उष्णतामानांतील विशिष्ट वाढीमुळें पदार्थांच्या लांबींत किंवा आकारमानांत जो फरक पडतो तो मोजण्याच्या रीती आहेत व त्या ह्याच विषयावरील मोठ्या पुस्तकांत समजाऊन दिलेल्या आढळतील.

उष्णतामान वाढल्यामुळें पदार्थांच्या होणाऱ्या प्रसरणाच्या मानाला (Rate of expansion) प्रसरण गुणक म्हणतात. घन पदार्थांच्या बाबतींत लांबीचा प्रसरण गुणक जास्त महत्त्वाचा असतो. द्रवरूप व वायुरूप पदार्थांना विशिष्ट लांबी किंवा क्षेत्रफळ नसतें व म्हणून ह्यांच्या फक्त आकारमानाचा प्रसरण गुणक तेवढा मोजतां येतो व ह्यांच्या बाबतींत तोच महत्त्वाचा असतो. 0° श. उष्णतामानावर असलेल्या पदार्थांच्या लांबीच्या एका मापांत उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें होणाऱ्या प्रसरणाला लांबीचा प्रसरण गुणक (co-efficient of linear expansion)म्हणतात.

घन पदार्थांचें प्रसरण अतिशय कमी असल्यामुळें त्यांची शून्य अंश उष्णतामानावरील लांबी व दुसऱ्या एकाद्या उच्च उष्णतामानावरील लांबी यामध्यें फारसा फरक नसतो व म्हणून प्रसरण गुणक काढतांना त्या पदार्थांची शून्य अंशावरील लांबी काढण्याची अवश्यकता नाहीं. उष्णतामान वाढण्यापूर्वीची त्या पदार्थांची लांबी घेऊन प्रसरण गुणक काढला असतां त्यांत व वरील व्याख्येप्रमाणें काढलेल्या प्रसरण गुणकांत अगदीं फारच थोडा फरक आढळून येईल; तेव्हां लांबीच्या प्रसरण गुणकाची व्यावहारिक व्याख्या पुढीलप्रमाणें होईल.

लांबीचा प्रसरण गुणक :—उष्णतामांनांतील एक अंश वाढीमुळें लांबीच्या एका मापांत होणाऱ्या प्रसरणाला लांबीचा प्रसरण गुणक म्हणतात.

उष्णतामानांतील विशिष्ट वाढीमुळें पदार्थांच्या लांबीत किती प्रसरण झालें हें प्रयोग करून समजलें म्हणजे त्या पदार्थांचा लांबीचा प्रसरण गुणक काढतां येतो.

उदाः—१५° श. उष्णतामान असतांना एका पितळेच्या गजाची लांबी २४ इंच होती. त्याचें उष्णतामान ९५° श. झाल्यावर त्याची लांबी २४.०३ इंच होते. तर त्या पदार्थाचा लांबीचा प्रसरण गुणक काय ?

उष्णतामानांत झालेली वाढ = (९५ – १५) = ८०° श. लांबींत झालेली वाढ = (२४.०३ – २४)= ·०३ इंच. उष्णतामानांत ८०° श . ची वाढ झाल्यामुळें २४ इंचांच्या लांबींत, ·०३ इंच प्रसरण होतें ; तर उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें एक इंचांत (लांबीच्या एका मापांत) $\frac{\cdot ०३}{२४ x ८०}$ इंच प्रसरण होईल.

तेव्हां पितळेचा प्रसरण गुणक $\frac{\cdot ०३}{२४ x ८०}$ = ·०००० १५६ इतका झाला.

पदार्थांचे लांबीचे प्रसरण गुणक दाखविणारें कोष्टक-

अल्युमिनियम	०'००००२२
कांच	०'०००००८५
ओंतीव लोखंड (कास्ट आयर्न)	०'००००११
घडीव लोखंड (रॉट आयर्न)	०'००००१२
चांदी	०'००००१९
तांबें	०'००००१७
पितळ	०'००००१६
शिसें	०'००००२८
जस्त	०'००००३
प्लॅटिनम	०'०००००८५

वरील कोष्टक अगदीं ठोकळमानाचें आहे; कारण एकाच पदार्थांच्या निरनिराळ्या जाती असतात व त्या प्रत्येकाचा प्रसरण गुणक वेगवेगळा

असतो. घडीव लोखंडाचा (Wrought iron) प्रसरण गुणक ०·०००००१२ आहे व ओंतीव लोखंडाचा (Cast iron) प्रसरण गुणक ०·००००० १ आहे. त्याचप्रमाणें हे प्रसरण गुणक मोजतांना, पदार्थांचें उष्णतामान शून्य अंशापासून शंभर अंशापर्यंत वाढविलें असतां जें प्रसरण होतें त्याचा $\frac{1}{100}$ हिस्सा प्रसरण त्याचें उष्णतामान शून्य अंशापासून एक अंशापर्यंत वाढविलें असतां होतें असें आपण गृहीत धरतों. पण असें करणें बरोबर नसतें; तथापि असें केलें नाहीं तर पदार्थांचा प्रसरण गुणक काढणें फार कठीण काम होईल.

घन पदार्थांच्या बाबतींत लांबीचा प्रसरण गुणकच जास्त महत्त्वाचा असतो, पण घन पदार्थांच्या पत्र्यांच्या क्षेत्रफळांत उष्णतामानांतील वाढी-मुळें किती फरक झाला हें काढावयाचें असल्यास क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक माहीत असला पाहिजे. क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक लांबीच्या प्रसरण गुणकाप्रमाणें स्वतंत्रपणें प्रयोग करून काढतां येत नाहीं. तो लांबीच्या प्रसरण गुणकावरून काढतां येतो.

एक फूट लांबी रुंदीच्या पत्र्याचें क्षेत्रफळ एक चौरस फूट होतें. त्या पदार्थाचा प्रसरण गुणक क्ष आहे असें समजा. उष्णतामानांत एक अंशाची वाढ झाली म्हणजे त्या पत्र्याची लांबी व रुंदी एक फूट होती ती आतां (१+क्ष) फूट होईल, व त्या पत्र्याचें क्षेत्रफळ (१+क्ष) (१+क्ष) = (१+२ क्ष+क्ष^{2}) इतके चौरस फूट होईल. पूर्वीचें क्षेत्रफळ एक चौरस फूट होतें. उष्णतामानांत एक अंश वाढ झाल्यावर तें (१+२ क्ष+क्ष^{2}) इतके चौरस फूट होतें. तेव्हां उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें त्या पदार्थाच्या क्षेत्रफळाच्या एका मापांत (२ क्ष+क्ष^{2}) चौरस फूट प्रसरण होतें. प्रसरण गुणक क्ष अतिशय लहान अपुर्णांक असल्यामुळें क्ष^{2} अतिशय लहान होतो. म्हणून ही वाढ हिशोबांत घेण्याची अवश्यकता नाहीं. बाकी २ क्ष ही वाढ उरते व ही क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक होय.

क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक (Coefficient of Superficial expansion):—उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें क्षेत्रफळाच्या एका मापांत होणाऱ्या प्रसरणाला क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक म्हणतात.

क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक लांबीच्या प्रसरण गुणकाच्या दुप्पट असतो.

आकारमानाचा प्रसरण गुणक (Coefficient of cubical expansion):—उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें आकारमानाच्या एका मापांत होणाऱ्या प्रसरणाला आकारमानाचा प्रसरण गुणक म्हणतात. घन पदार्थाच्या बाबतींत क्षेत्रफळाच्या प्रसरण गुणकाप्रमाणें आकारमानाचा प्रसरण गुणक लांबीच्या प्रसरण गुणकावरून काढतां येतो. एक फूट लांबी, रुंदी व उंची असलेला एक घन आहे असें समजा. त्या पदार्थाच्या लांबीचा प्रसरण गुणक **य** असला तर त्या घनाचें उष्णतामान एक अंश वाढल्यावर त्याच्या लांबी, रुंदी व उंचींत **य** वाढ होईल, व त्याचें घनफळ $(१+य^{३})=(१+३य+३य^{२}+य^{३})$ घन फूट होईल. तेव्हां उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें एक घन फूट आकारमानाच्या घनामध्यें $(३य+३य^{२}+य^{३})$ घन फूट प्रसरण होते. क्ष हा अपुर्णांक अतिशय लहान असल्यामुळें $३य^{२}+य^{३}$ हें प्रसरण अतिशय लहान म्हणून हिशेबांत घेण्याची अवश्यकता नाहीं. बाकी **३ य** हें प्रसरण उरतें व हें आकारमानाचा प्रसरण गुणक होय.

आकारमानाचा प्रसरण गुणक लांबीच्या प्रसरण गुणकाच्या तिप्पट असतो.

द्रव पदार्थांचें दृश्य व खरें प्रसरण:—घन पदार्थांप्रमाणें द्रव पदार्थ उष्णतामान वाढलें असतां प्रसरण पावतात व उष्णतामान कमी झालें असतां आकुंचन पावतात; परंतु आपल्याला दिसणारें द्रव पदार्थांचें प्रसरण व आकुंचन खरें नसतें. द्रव पदार्थ घेण्याकरितां भांड्याचा उपयोग करावा लागतो व द्रव उष्ण करितांना भांडेंही उष्ण होतें व द्रव पदार्थ व तें भांडें हीं दोन्हीही प्रसरण पावतात.

प्रयोग २४:—आकृति ५ मध्यें दाखविलेला नळी बसविलेला चंबू घ्या. चंबूत रंगीत पाणी भरून त्याच्या तोंडावर बूच बसविल्यावर नळीचा कांहीं भाग रंगीत पाण्यानें भरेल अशी व्यवस्था करा. नळींतील पाण्याचा पृष्ठभाग ज्या खुणेवर असेल ती खूण पाहून तो चंबू एका मोठ्या बीकरमध्यें पूर्वीं गरम केलेल्या पाण्यांत एकदम बुडवा व नळींतील पाण्याची हालचाल पहा. कांहीं वेळानंतर तो चंबू गरम पाण्यांतून काढून दुसऱ्या मोठ्या

बीकरमधील थंड पाण्यांत एकदम बुडवा व पुनः नळींतील पाण्याची हालचाल पहा.

थंड चंबू गरम पाण्यांत एकदम बुडविल्यावर नळींतील पाणी प्रथम खालीं उतरतें. याचें कारण चंबू प्रथम गरम होतो व तो प्रथम प्रसरण पावतो; पण पुढें पाण्याचें उष्णतामान वाढल्यावर तें पूर्वीं ज्या खुणेवर होतें त्याच्यावर जातें व ह्यावरून पाण्याचें प्रसरण कांचेच्या (चंबूच्या) प्रसरणापेक्षां जास्त असतें हेंही सिद्ध होतें.

चंबू गरम झाल्यानंतर तो एकदम थंड पाण्यांत बुडविल्यास तो प्रथम थंड होऊन आकुंचन पावतो व म्हणून नळींतील पाणी प्रथम वर चढलेलें दिसतें, पण थोड्याच वेळांत पाण्याचें उष्णतामान कमी होऊं लागल्यावर पाण्याचें आकुंचन चंबूच्या आकुंचनापेक्षां जास्त असल्यामुळें तें पूर्वींच्या खुणेच्या खालीं जातें.

चंबू जर प्रसरण पावला नसता तर द्रव पदार्थाचें प्रसरण आपल्या दृष्टीस पडणाऱ्या प्रसरणापेक्षां जास्त दिसलें असतें. **द्रव पदार्थ व भांडें यांच्या प्रसरणामध्यें जो फरक असतो तोच फक्त आपल्याला दिसतो व याला दृश्य प्रसरण म्हणतात.** खरें प्रसरण दृश्य प्रसरणापेक्षां जास्त असतें व तें त्या द्रवपदार्थाचें दृश्य प्रसरण व भांड्यांचें प्रसरण ह्या दोहोंबरोबर असतें.

खरें प्रसरण=दृश्य प्रसरण+भांड्याचें प्रसरण.

द्रव पदार्थांचा प्रसरण गुणकः—द्रवपदार्थांच्या बाबतींत फक्त आकारमानाच्या प्रसरण गुणकाचाच विचार करावयाचा असतो. द्रव पदार्थाचा दृश्य प्रसरण गुणक कसा काढावयाचा हें ह्याच विषयावरील मोठ्या पुस्तकांत समजावून दिलेलें आढळेल. या दृश्य प्रसरण गुणकांत ज्या भांड्यांत तो द्रव पदार्थ ठेऊन प्रयोग केला असेल त्या भांड्याच्या पदार्थाचा आकारमानाचा प्रसरण गुणक मिळविला म्हणजे त्या द्रवपदार्थाचा खरा प्रसरण गुणक मिळतो.

द्रवपदार्थ घनपदार्थांपेक्षां जास्त प्रसरण पावतातः—घन पदार्थांच्या आकारमानाचे प्रसरण गुणक व पुढील कोष्टकांत दिलेले द्रवपदार्थांचे प्रस-

रण गुणक यांची तुलना केल्यास द्रवपदार्थ घनपदार्थापेक्षां जास्त प्रसरण पावतात हें सहज दिसून येईल.

पदार्थ	प्रसरण गुणक	पदार्थ	प्रसरण गुणक
अल्कोहोल ...	०.००१०८	टरपेन्टाईन ...	०.००१०५
ग्लिसरीन ...	०.०००५३	पाणी ...	०.०००४५
पारा ...	०.०००१८	बेन्झीन ...	०.००१३८

द्रवपदार्थ घनपदार्थापेक्षां जास्त प्रसरण पावतात ही गोष्ट प्रत्यक्ष प्रयोगानेंही पुढील प्रमाणें सिद्ध करितां येते.

प्रयोग २५ वाः—सरासरी पाव इंच व्यासाचा व एक फूट लांबीचा कोणत्याही धातूचा गज घ्या व तितक्याच व्यासाच्या भोंकाची व दीड फूट लांबीची एका टोंकाशीं बंद केलेली कांचेची नळी घेऊन ती कोणत्याही रंगीत केलेल्या द्रवपदार्थानें एक फूट उंचीपर्यंत भरा. नंतर तो गज व द्रव भरलेली नळी सारख्या उंचीपर्यंत सरासरी ८०° श. उष्णतामानाचें पाणी असलेल्या भाड्यांत बुडवून जवळ जवळ धरा. प्रथम गजाचें वरचें टोंक व नळींतील द्रवाचा पृष्ठभाग एकाच उंचीवर आढळतील; पण थोड्याच वेळांत द्रवाचा पृष्ठभाग जास्त उंचीवर गेलेला आढळेल. उष्णतामान वाढल्यामुळें दोन्ही पदार्थ सारखेच प्रसरण पावले असते तर ते पदार्थ गरम पाण्यांत ठेविल्यावर कितीही वेळानंतर त्या गजाचें वरचें टोंक व द्रवाचा पृष्ठभाग सारख्याच उंचीवर राहिले असते. पण द्रवाचा पृष्ठभाग जास्त उंचीवर जातो; यावरून द्रवपदार्थ जास्त प्रसरण पावतो हें उघड होतें.

पाण्याचें अपवादात्मक प्रसरणः—पदार्थांचें उष्णतामान वाढलें कीं, त्याचें प्रसरण होतें व उष्णतामान कमी झालें कीं, त्याचें आकुंचन होतें हा सामान्य सिद्धांत आहे पण× पाणी या सामान्य सिद्धांताला अपवाद आहे.

प्रयोग २६ वाः—एक चंबू पाण्यानें भरून त्याच्या तोंडावर कांचेची सरळ नळी व उष्णतामापक बसविलेलें रबरी बूच बसवा. नंतर तो चंबू सरासरी ६०° श. उष्णतामानाच्या पाण्यांत धरून बुचांत बसविलेल्या नळींत पाणी कोणत्या ठिकाणापर्यंत आलें तें पहा व त्या ठिकाणीं नळीवर काळा दोरा बांधा. त्यानंतर तो चंबू एका मोठ्या बीकरमध्यें ठेवून त्याभोंवतीं बर्फ व मीठ ह्यांचें

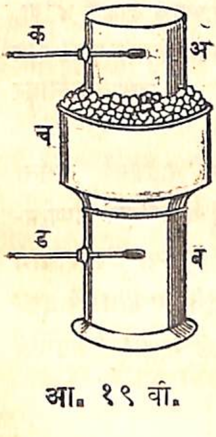
× कांहीं उष्णतामानापुरतें

मिश्रण भरा व नळींतील पाण्याची हालचाल पहा. चंबूतील पाण्याचें उष्णतामान जसजसें उतरत जातें तसतसें नळींतील पाणीही खालीं उतरतें व अशा रीतीनें पाण्याचें आकुंचन होत जातें हें दिसून येतें. उष्णतामान ४° श. झालें म्हणजे पाण्याचें उतरणें बंद होतें व उष्णतामान ४° श. खालीं जाऊं लागलें म्हणजे नळींतील पाणी वर चढूं लागतें. यावरून ४° श. उष्णतामानाखालीं उष्णतामान जाऊं लागलें म्हणजे पाणी प्रसरण पाऊं लागतें हें उघड होतें.

या प्रयोगावरून हें सिद्ध होतें कीं, पाण्याचें उष्णतामान कमी कमी होऊन तें ४° श. होईपर्यंत त्याचें आकारमान कमी कमी होत जातें व दाढर्य वाढत जातें. ४° श. उष्णतामानाखालीं त्याचें आकारमान वाढूं लागतें व दाढर्य कमी होऊं लागतें व शेवटीं ०° श. उष्णतामानावर पाणी गोठतें. ह्याचा अर्थ पाण्याचें दाढर्य ४° श. उष्णतामानावर महत्तम असतें व म्हणून दुसऱ्या कोणत्याही उष्णतामानावरील एक घन सेंटिमिटर पाण्याच्या वजनापेक्षां, ४° श. उष्णातामानावरील तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याचें वजन जास्त असतें.

४° श. उष्णतामानावर पाण्याचें दाढर्य महत्तम असतें हें होप नांवाच्या शास्त्रज्ञानें पुढील प्रयोगानें सिद्ध केलें.

प्रयोग २६ वा:—आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें **अ ब** हें एक कांचेचें उभट भांडें आहे. त्याच्या तोंडाजवळ एक व बुडाजवळ एक अशीं त्या भांड्याला दोन भोंकें (Tubulures) असून त्यांत बुचाच्या सहाय्यानें **क**, **ड**, हीं दोन उष्णतामापकें बसविलीं आहेत. भांड्याच्या मध्यभागीं बाहेरून **च** हा पन्हळ बसविला आहे. प्रयोग करितेवेळीं **अ ब** भांडें थंड पाण्यानें भरून, **च** पन्हळांत बर्फाचे तुकडे व मीठ यांचें मिश्रण भरा. हें थंड मिश्रण पन्हळांत भरण्यापूर्वीं भांड्यांतील पाण्याचें उष्णतामान २५° श. आहे असें समजा. तेव्हां प्रथम दोन्हीं उष्णता



आ. १९ वी.

मापकें २५° श. उष्णतामान दाखवितील, परंतु थंड मिश्रण पन्हळांत भरल्यावर दोन्हीं उष्णतामापकें वेळोवेळीं पहात गेल्यास असें आढळून येईल कीं, बुडाजवळील पाण्याचें उष्णतामान प्रथम उतरूं लागतें. व तें उतरत उतरत ४° श. झाल्यावर स्थिर होतें. बुडाजवळील पाण्याचे उष्णतामान ४° श. च्या खालीं केव्हांही जात नाहीं. हा वेळ पावेतो वरच्या पाण्याचें उष्णतामान विशेष बदलत नाहीं, पण बुडाजवळच्या पाण्याचें उष्णतामान ४° श. झाल्यावर मग तोंडाजवळील पाण्याचें उष्णतामान उतरूं लागतें, व तें कांहीं वेळानें ०° श. होतें. प्रयोगांत दिसून येणाऱ्या गोष्टींचा खुलासा पुढील युक्तिवादानेंच फक्त करण्यासारखा आहे. पन्हळांतील थंड मिश्रणाच्या योगानें भांड्याच्या मध्यभागचें पाणी थंड झाल्यावर त्याचें उष्णतामान ४° श. होईपर्यंत तें एकसारखें खालीं जातें, व ज्याअर्थीं अधिक दाढर्यांचा द्रव पदार्थच फक्त कमी दाढर्यांचा द्रव पदार्थाखालीं जातो त्या अर्थीं पाण्याचें उष्णतामान ४° श. पर्यंत उतरत असतां त्याचें आकुंचन होऊन दाढर्य वाढत असलें पाहिजे. बुडाजवळील पाण्याचें उष्णतामान ४° श. पेक्षां कमी होत नाहीं, तेव्हां भांड्याच्या मध्यभागील पाण्याचें उष्णतामान ४° श. च्या खालीं गेल्यावर तें पाणी खालील ४° श. उष्णतामानाच्या पाण्याखालीं जाऊं शकत नाहीं हें सिद्ध होतें. अर्थात् ४° श. खालील उष्णतामानावर असलेल्या पाण्याचें दाढर्य ४° श. उष्णतामानाच्या पाण्याच्या दाढर्यापेक्षां कमी असलें पाहिजे. ह्यावरून पाण्याचें दाढर्य ४° श. उष्णतामानापर्यंत वाढत जातें व पुढें त्या उष्णतामानाखालीं कमी होत जातें हें सिद्ध होतें व अशा रितीनें पाण्याचें दाढर्य ४° श. उष्णतामानावर महत्तम असतें असें ठरतें.

शून्य अंश उष्णतामानाच्या पाण्याचें उष्णतामान वाढविलें असतां उष्णतामान ४° श. होईपर्यंत तें प्रथम आकुंचन पावतें व ४° श. उष्णतामानावर उष्णतामान गेल्यावर प्रसरण पावूं लागतें. दुसऱ्या द्रवपदार्थांचें उष्णतामान शून्य अंशापासून वर वाढवीत गेल्यास त्यांचें एकसारखें प्रसरण होतें, व म्हणून त्याचें दाढर्य उष्णतामान वाढलें म्हणजे एकसारखें कमी होतें.

बर्फ पाण्यावर तरंगतें; तेव्हां बर्फाचें दाढर्य पाण्याच्या दाढर्यापेक्षां कमी असलें पाहिजे. अर्थात् पाणी गोठतांना प्रसरण पावत असलें पाहिजे.

प्रयोग २७ वा:—एक लहान चंबू बर्फ व पाणी ह्यांनीं भरून त्याच्या तोंडावर नळी बसविलेलें बूच बसवा (आकृति ५ वी पहा.) व नळींत पाणी ज्या खुणेवर आलें असेल ती खूण पहा. बाहेरील उष्ण हवेमुळें चंबूंतील बर्फ वितळूं लागलें म्हणजे नळींतील पाणी खालीं उतरूं लागेल.

वरील प्रयोगावरून बर्फाच्या व्यापापेक्षां तें वितळून झालेल्या पाण्याचा व्याप कमी असतो हें सिद्ध होतें. ह्या उलट पाणी गोठून झालेल्या बर्फाचा व्याप पाण्याच्या पूर्वींच्या व्यापापेक्षां जास्त होईल हें उघड होतें. पुढील प्रयोगानें ही गोष्ट प्रत्यक्षपणें सिद्ध होते.

प्रयोग २८ वा:—कांचेची परीक्षणनळी थंड पाण्यानें भरून ती उघड्या तोंडाजवळ दिव्याच्या ज्योतीनें बंद करा. नंतर एका भांड्यांत बर्फ व मीठ यांचें मिश्रण तयार करा. या मिश्रणाचें उष्णतामान शून्य अंशापेक्षां कमी असेल. थंड पाण्यानें भरून बंद केलेली परीक्षणनळी त्या मिश्रणामध्यें ठेवा. नळीमधील पाणी गोठून ती नळी फुटेल.

यावरून सिद्ध होतें कीं, नळींतील पाण्याच्या व्यापापेक्षां पाणी गोठून झालेल्या बर्फाचा व्याप जास्त होतो व तितक्या बर्फाला नळींत जागा नसल्यामुळें नळी फोडून बर्फ बाहेर पडतें.

वरील प्रयोगांवरून (प्रयोग २७ व २८) पाणी गोठतानां प्रसरण पावतें ही गोष्ट उघड होते. ०° श. उष्णतामानावर पाण्याचा व्याप जर ११ घन इंच असला तर तितक्याच उष्णतामानावर तें पाणी गोठून झालेल्या बर्फाचा व्याप १२ घन इंच होतो.

शून्य अंश उष्णतामानाचें १००० घन सेंटिमिटर पाणी घेऊन त्याचें उष्णतामान १००° श. पर्यंत वाढवीत गेल्यास त्याच्या व्यापांत होणारा फरक पुढील कोष्टकावरून दिसून येईल.

इतक्या बारीक गोष्टींना ह्या पुस्तकांत वाव नसावा
फक्त ठळक " च्या समावेश व्हावा.

उष्णतामान श. अंश	व्याप घ. सेंटि.	उष्णतामान श. अंश	व्याप घ. सेंटि.
०	१०००	३०	१००४·१२
२	९९९·९	४०	१००७·५७
४	९९९·८७	५०	१०११·८२
८	९९९·९९	६०	१०१६·७८
१०	१०००·१२	७०	१०२२·४३
१५	१०००·७१	८०	१०२८·७४
२०	१००१·६१	९०	१०३५·५४
२५	१००२·७६	१००	१०४२·९९

शून्य अंशावर १००० घन सेंटिमिटर व्यापाच्या पाण्याचें उष्णतामान १००° श. झालें म्हणजे त्याचा व्याप सुमारें १०४३ घनसेंटिमिटर होतो; पण तेंच पाणी गोठविलें म्हणजे त्याचा व्याप शून्य अंश उष्णतामानावर सुमारें १०९० घन सेंटिमिटर होतो. म्हणजे १००° श. उष्णतामान वाढवून पाण्याचें जें प्रसरण होतें त्यापेक्षां बरेंच जास्त प्रसरण त्याच पाण्याचें घनीभवन होतांना होतें व ह्यावेळीं बराच मोठा जोर उत्पन्न होतो.

पाण्याच्या अपवादात्मक प्रसरणामुळें सृष्टींत घडणारें कार्य.

४° श. उष्णतामानावर पाण्याच्या आकारमानांत व दाढ्यांत होणारा बदल जसा आश्चर्यकारक आहे त्याचप्रमाणें ह्या गोष्टींमुळें सृष्टींत घडणारें कार्यही आश्चर्यकारक आहे.

शीतकटिबंधांत ज्या ठिकाणीं हवेचें उष्णतामान शून्य अंशाखालीं जातें त्या ठिकाणीं खडकांच्या भेगांत सांठलेलें पाणी गोठतांना इतक्या जोरानें प्रसरण पावतें कीं, त्यामुळें खडकांस मोठमोठ्या भेगा पडतात व ते फुटतात.

हिंवाळ्यांत कडक थंडी पडूं लागली म्हणजे शीतकटिबंधांतील तळीं किंवा दुसरे लहानमोठे जलाशय यांमधील पृष्ठभागचें पाणी उष्णतामान कमी होऊं लागल्यामुळें आकुंचन पावतें व त्यामुळें त्याचें दाढर्य वाढून

तें खालीं तळाशीं जातें व खालचें हलकें पाणी वर येतें. पृष्ठभागावर आलेलें पाणी आतां थंड हवेच्या, सान्निध्यांत आल्यामुळें थंड होऊन आकुंचन पावतें व ह्या थंड पाण्याचें दाढर्य खालील पाण्यापेक्षां जास्त झाल्यावर तें खालीं जातें व खालील जास्त उष्ण व हलकें पाणी पृष्ठभागाशीं येतें. हवा जसजशी जास्त थंड होते तसतसें पृष्ठभागचें पाणी जास्त थंड होत जाते व पाणी थंड होण्याची ही क्रिया व पाण्याचे खालवर चलन सर्व पाण्याचें उष्णतामान ४° श. होईपर्यंत चालतें. ह्या उष्णतामानावर पाण्याचें दाढर्य महत्तम असतें, व म्हणून यानंतर पृष्ठभागचें पाणी आणखी जास्त थंड झालें म्हणजे तें खालील पाण्यापेक्षां हलकें होतें, व म्हणून तें खालीं न जातां वरच राहतें. यानंतर पाण्याचें खालवर चलन होत नाहीं. वरची हवा पुरेशीं थंड असल्यास, पृष्ठभागचें पाणी ०° श. पर्यंत थंड होऊन पुढें गोठूं लागतें, व पाणी गोठून बर्फ होतांना त्याचें आणखी प्रसरण होऊन तें हलकें बर्फ पाण्यावर तरंगत राहतें. बर्फ हा पदार्थ अतिमंद उष्णतावाहक असल्यामुळें बर्फाखालील पाण्याचें उष्णतामान फार हळू कमी होतें व म्हणून पृष्ठभागीं कांहीं थोडे फूट जाडीचा मात्र बर्फाचा थर बनतो, पण त्या खालीं तळापर्यंत बहुतेक ४° श. उष्णतामानाचें पाणी असतें.

तळ्यांतील पाण्यांत राहात असलेले प्राणी पाण्याचें उष्णतामान ४° श. झालें असतां त्यांत जिवंत राहूं शकतात.

४° श. उष्णतामानावर पाण्याच्या आकारमानांत होणारा फरक वर सांगितल्याप्रमाणें चमत्कारिक व अपवादात्मक नसता तर इतर द्रव पदार्थांप्रमाणें तें उष्णतामान उतरत असतांना शून्य अंशापर्यंत व बर्फ होत असतां एकसारखें आकुंचित होईल. यामुळें तळ्यांतील सर्व पाणी तळापासून वरपर्यंत गोठून जाईल व त्यांत राहात असणारे सर्व प्राणी हिंवाळ्यांत पाण्याचें बर्फ झाल्यावर त्यांत दबून मरून जातील.

अशा रीतीनें हिंवाळ्यांत थंड प्रदेशांत सर्व जलाशयांतील पाणी गोठून बर्फ झालें असतें. त्याचप्रमाणें उन्हाळ्यांत उष्णतेनें पृष्ठभागचें बर्फ वितळून झालेले पाणी जर बर्फापेक्षां हलकें असतें तर तें पृष्ठभागींच राहून तळचें बर्फ कधींच वितळलें नसतें, व बर्फाचे खडकच तळाशीं नित्य राहते. परंतु पाण्याच्या अपवादात्मक वर्तनामुळें जलाशयांतील सर्व पाणी

कधींच गोठत नाहीं व पृष्ठभागच्या बर्फापासून त्याखालील जलचरांचें कांहीं अंशीं थंडीपासून संरक्षणही होतें.

वायुरूप पदार्थांचें प्रसरणः—निरनिराळे द्रव व घन पदार्थ निरनिराळ्या प्रमाणांत प्रसरण पावतात पण उष्णतामानांतील सारख्याच वाढीमुळें सामान्य वायुरूप पदार्थ सारखेच प्रसरण पावतात हें मागें प्रयोगानें (प्रयोग १० वा पहा) दाखविलें आहे. वायुरूप पदार्थ सारखे प्रसरण पावतात, अर्थात् त्यांचा प्रसरण गुणक सारखाच असतो. वायुरूप पदार्थांचा प्रसरण गुणक ·००३६६ किंवा $\frac{१}{२७३}$ आहे; अर्थात् शून्य अंश उष्णतामानावरील वायूच्या एक माप आकारमानांत, उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें आकारमानाचा $\frac{१}{२७३}$ वाढ होते.

फार काळजीपूर्वक प्रयोग केल्यावर असें आढळून आलें आहे कीं, वायूचें उष्णतामान ०° श. असतां जर त्याचें आकारमान २७३ घन सेंटिमिटर असेल तर त्याचें आकारमान उष्णतामान एक अंश झाल्यावर (२७३ + १) घ. सें. होतें; उष्णतामान १०° श. झाल्यावर (२७३ + १०) घ. सें. होतें; उष्णतामान − ५° श. झाल्यावर (२७३ − ५) घ. सें. होतें; व निरनिराळ्या उष्णतामानांवर त्याच्या आकारमानांत ह्याच प्रमाणांत बदल होतो.

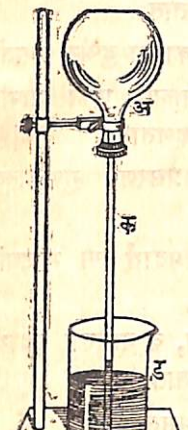
उदाः—२४° सेंटि. उष्णतामानावर एका वायूचा व्याप (Volume) ३९६ घन सेंटि. आहे. उष्णतामान ४८° श. झाल्यावर त्याचा व्याप काय होईल?

०° श. उष्णतामानावर वायूचा व्याप जर २७३ घ. सेंटि. असेल तर २४° श. उष्णनामनावर तो २७३ + २४ = २९७ घ. सें. होतो; व तो ४८° श. उष्णतामानावर (२७३ + ४८) किंवा ३२१ घ. सें. होतो. तेव्हां २४° श. उष्णतामानावरील वायूचा व्याप जर २९७ घ. सेंटि. असला तर ४८° श. उष्णतामानावर तो ३२१ घ. सेंटि. होतो. तेव्हां २४ श. उष्णतामानावरील ३९६ घ. सेंटि. वायूचा व्याप उष्णतामान ४८° श. झालें म्हणजे $\frac{३९६ \times ३२१}{२९७}$ = ४×१०७=४२८ घ. सेंटि. होईल.

हवा किंवा कोणचाही वायुरूप पदर्थ उष्णतामानांत वाढ झाल्यानें द्रव पदार्थापेक्षां फार त्वरित व पुष्कळ जास्त प्रसरण पावतो, म्हणून असल्या पदार्थाचें उष्णतामापक तयार केल्यास त्याच्या योगानें एकाद्या पदार्थाच्या उष्णतामानांत होणारा अगदीं सूक्ष्म फरक आपल्याला समजूं शकतो म्हणून कित्येक वेळां असल्या उष्णतामापकांचा उपयोग होतो.

हवेचें एक साधें उष्णतामापक :—हवेचें अगदीं साधें उष्णतामापक पुढें दाखविल्याप्रमाणें सहज करितां येतें.

प्रयोग २९ वाः—अ ह्या एका रिकाम्या लहान चंबूच्या तोंडावर क ही कांचेची नळी बसविलेलें रबरी बूच घट्ट बसविलें आहे. तो चंबू थोडासा गरम करून नंतर उलटा करून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें क नळीचें टोंक ड ह्या बीकरमधील रंगीत पाण्यांत बुडलेलें राहील असा ठेवून त्याची मान लोखंडी बैठकीच्या (Iron Stand) पकडींत घट्ट धरावी. चंबू थंड झाल्यावर आंतील हवेच्या आकुंचनामुळें रंगीत पाणी नळींत थोडेसें चढेल, व ह्या रंगीत पाण्याची वर खालीं होणारी हालचाल पाहून चंबूतील हवेच्या उष्णतामानांत (अर्थात् त्या चंबूला स्पर्श करून ठेवलेल्या पदार्थाच्या उष्णतामानांत) होणारा फरक तेव्हांच दिसून येईल.



(आ. २० वी.)

हवेच्या उष्णतामापक यंत्राचे गुणदोष पुढीलप्रमाणें आहेत.

गुणः—ह्या उष्णातामापक यंत्रानें पदार्थाच्या उष्णतामानांत होणारा अगदीं सूक्ष्म फरक समजतो.

× २ हवेच्या दाबाचा परिणाम ह्या उष्णतामापक यंत्रांतील हवेवर होत असल्यामुळें ह्यानें पाहिलेलें उष्णतामान बरोबर नसतें.

× हा गुण नव्हे.

३ ह्यानें पहातां येणाऱ्या उष्णतामानांची मर्यादा फार कमी असते.

दोष— १ हें उष्णतामापक यंत्र एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं नेणें फार गैरसोईचें असतें

ह्या प्रकरणांतील महत्त्वाच्या गोष्टी.

उष्णतामान वाढल्यामुळें पदार्थांत होणाऱ्या प्रसरणाच्या मानाला प्रसरण गुणक म्हणतात.

उष्णतामानांतलि एक अंश वाढीमुळें लांबीच्या एका मापांत होणाऱ्या प्रसरणाला लांबीचा प्रसरण गुणक म्हणतात.

उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें क्षेत्रफळाच्या एका मापांत होणाऱ्या प्रसरणाला क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक म्हणतात.

क्षेत्रफळाचा प्रसरण गुणक लांबीच्या प्रसरण गुणकाच्या दुप्पट असतो.

उष्णतामानांतील एक अंश वाढीमुळें आकारमानाच्या एका मापांत होणाऱ्या प्रसरणाला आकारमानाचा प्रसरण गुणक म्हणतात.

आकारमानाचा प्रसरण गुणक लांबीच्या प्रसरण गुणकाच्या तिप्पट असतो.

द्रव पदार्थाचें खरें प्रसरण=त्याचें दृश्य प्रसरण+तो पदार्थ ज्या भांड्यांत ठेविला असेल त्या भांड्याचें आकारमानाचें प्रसरण.

द्रव पदार्थ घन पदार्थांपेक्षां जास्त प्रसरण पावतात, व वायुरूप पदार्थ, घन व द्रव त्या दोन्ही पदार्थांपेक्षां जास्त प्रसरण पावतात.

पाण्याचें दार्ढ्य ४° श. उष्णतामानावर महत्तम असतें.

सर्व वायुरूप पदार्थ साधारणतः सारखेच प्रसरण पावतात. वायुरूप पदार्थांचा प्रसरण गुणक $\frac{१}{२७३}$ किंवा ·००३६६ असतो.

प्रश्नसंग्रह ३ रा.

१. पाण्याच्या महत्तम गुरुत्वाचें उष्णतामान काय आहे ? हें उष्णतामान पाहण्याकरितां तुम्ही जो प्रयोग कराल त्याचें वर्णन करा.

२. गोठणाऱ्या पाण्याच्या प्रसरणाचा जोर दाखविणाऱ्या प्रयोगाचें वर्णन करा.

३. द्रव पदार्थांपेक्षां वायू जास्त प्रसरण पावतात हें तुम्ही प्रयोगानें कसें सिद्ध कराल ?

४. ०° श. उष्णतामानाची एक घन फूट हवा, १००° श. उष्णतामानाच्या एक घनफूट हवेपेक्षां जड असते कीं, हलकी असते हें सांगून तुमच्या उत्तराला कारणें द्या.

५. एक लिटर मापाचा चंबू २५° श. उष्णतामानाच्या पान्यानें भरला. तो चंबू ८५° श. उष्णतामानापर्यंत गरम केल्यास त्यांतून किती पारा बाहेर पडेल ? कांचेचा लांबीचा प्रसरण गुणक ०.००००८५ आहे व पान्याचा आकारमानाचा प्रसरण गुणक ०.०००१८ आहे.

६. दोन लोखंडी शिशा ४° श. उष्णतामानाच्या पाण्यानें पूर्णपणें भरून त्या रबरी बुचानें घट्ट बंद केल्या. नंतर एक गरम पाण्यांत ठेविली व दुसरी बर्फ व मीठ ह्यांच्या मिश्रणामध्यें ठेविली. दोन्ही बाबतींत काय होतें तें सांगून त्याची कारणें द्या.

७. उष्णतामानाबरोबर पाण्याचें दार्ढ्य कसें बदलतें तें आलेखानें दाखवा.

८. होपच्या प्रयोगाचें वर्णन करा.

९. २७° श. उष्णतामानावर एका वायूचा व्याप २५० घ. सेंटि. आहे; ७२° श. उष्णतामानावर त्याचा व्याप किती होईल ?

१०. लांबीचा प्रसरण गुणक म्हणजे काय ? एका लोखंडी गजाची लांबी १५° श. उष्णतामानावर बरोबर १ मिटर आहे. ७२° श. उष्णतामानावर ह्या गजानें एका गिऱ्हाइकाला २० मिटर कापड मिळतें. गिऱ्हाइकाचा फायदा होतो कीं तोटा होतो व तो किती होतो ?

(लोखंडाचा प्रसरण गुणक ०·००००१२ आहे.)

११. ६०° श. उष्णतामानाचें पाणी हळूहळू थंड करून त्याचें शेवटीं बर्फ केलें. त्याच्या आकारमानांत कसकसा बदल होतो हें सांगून तो बदल आलेखानें दाखवा.

१२. एका भांड्यांत ०° श. उष्णतामानाचें पाणी असून त्यांत कांचेचे दोन लहान फुगे आहेत. एक फुगा तळाशीं असून दुसरा सगळा पाण्याच्या पृष्ठभागाखालीं तरंगतो आहे. तें पाणी हळूहळू तापविलें. लवकरच तळचा फुगा थोडासा वर चढतो पण थोड्याच वेळांत पुन्हां बुडतो व मग बुडलेलाच राहतो; असें होण्याचें कारण काय ? पाणी गरम होऊं लागल्यावर दुसऱ्या फुग्यावर काय परिणाम होतो ?

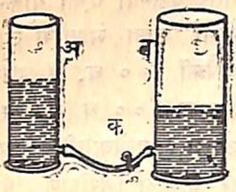
प्रकरण चवथें.

उष्णतेचें परिमाण (Quantity) व मापन; विशिष्ट उष्णता.

उष्णता व उष्णतामान यांमधील फरकः—पदार्थांची भासमान होणारी उष्णताविषयक जी स्थिति असते व ज्या स्थितीवर एका पदार्थापासून दुसऱ्या पदार्थाकडे उष्णता जाणें अवलंबून असतें त्या स्थितीला उष्णतामान असें म्हणतात. उष्णता ही एक शक्ति असून हिच्यामुळें पदार्थांचें आकारमान व उष्णतामान वाढतें.

उष्णता व उष्णतामान यांचा संबंध पाणी व पाणसपाटी (Water level) यांच्या संबंधासारखा आहे. पाणी असलेल्या भांड्यांत आणखी पाणी ओतलें म्हणजे आंतील पाण्याची सपाटी वर चढते; कांहीं पाणी काढून घेतलें तर पाण्याची सपाटी खालीं जाते. ह्याचप्रमाणें पदार्थाला उष्णता दिली म्हणजे त्याचें उष्णतामान वाढतें व त्यापासून उष्णता काढून घेतली तर त्याचें उष्णतामान कमी होतें.

प्रयोग ३० वा:—अ व ब हीं दोन भांडीं इंडिया रबरच्या नळीनें एकमेकांना जोडिलीं आहेत व ती रबरी नळी मध्यें क ह्या चापानें (clip) दाबली आहे. तीं भांडीं नंतर निरनिराळ्या उंचीपर्यंत पाण्यानें भरा. जोंपर्यंत रबरी नळीवरील चाप (clip) दाबलेला आहे तोंपर्यंत प्रत्येक भांड्यांतील पाणी जसेच्या तसेंच राहील; परंतु चाप ढिला करतांच दोन्ही भांड्यांतील पाण्याची सपाटी एकाच पातळींत येईपर्यंत अ भांड्यांतील पाणी ब भांड्यांत जाईल. द्रव पदार्थ केव्हांही उंच जागेपासून सखल जागेकडे वहात जातात.



आकृति २१ वी

ह्याचप्रमाणें दोन निरनिराळ्या उष्णतामानाचे पदार्थ एकमेकांना लागून ठेविले असतां, जास्त उष्णतामानाच्या पदार्थाचें उष्णतामान कमी होतें व कमी उष्णतामानाच्या पदार्थाचें उष्णतामान वाढतें व शेवटीं दोहोंचें उष्णतामान सारखें होतें. जास्त उष्णतामानाच्या पदार्थापासून उष्णता कमी उष्णतामानाच्या पदार्थांत जाते.

दोन भांडीं जोडलीं असतां एका भांड्यातून दुसऱ्या भांड्यांत पाणी जाणें ज्याप्रमाणें त्या भांड्यांतील मूळच्या पाण्याच्या परिमाणावर अवलंबून नसून त्यांतील पाण्याच्या उंचीवर अवलंबून असतें; त्याचप्रमाणें एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत उष्णता जाणें त्यांतील मूळच्या उष्णतेच्या परिमाणावर अवलंबून नसून त्यांच्या उष्णतामानावर अवलंबून असतें.

उष्णतामापक यंत्र पदार्थाचें उष्णतामान दाखवितें. पदार्थामध्यें उष्णता किती आहे हें उष्णतामापक यंत्र प्रत्यक्षपणें दाखवीत नाहीं. एका मोठ्या बीकरमध्यें कांहीं पाणी तापवून त्यापैकीं ५० घ. सें. पाणी एका बीकरमध्यें घ्या व १०० घ. सें. पाणी दुसऱ्या बीकरमध्यें घ्या. ह्या दोन्ही बीकरमधील पाण्याचें उष्णतामान सारखेंच आहे; पण त्यांमधील पाण्यांतील उष्णता सारखीच आहे कीं निराळी आहे हें पुढील प्रयोगानें पाहतां येतें.

ज्यास्त उष्णतामान असलें तरी त्या पदार्थांत कमी उष्णतामानाच्या पदार्थापेक्षां ज्यास्तच उष्णता नेहमीं असेल असें नाहीं. उदाहरणार्थ- जळणारी काडी, व पेल्यांतील गरम पाणी.

प्रयोग ३१ वा:—दोन बीकर्समध्यें एकाच उष्णतामानाचें १०० घ. सें. थंड पाणी घ्या व त्याचें उष्णतामान पहा. नंतर दुसऱ्या एका बीकरमध्यें गरम केलेल्या पाण्यापैकीं १५० घ. सें. पाणी एका मेझरिंग जार मध्यें घेऊन त्याचें उष्णतामान पहा व मग त्यापैकीं ५० घ. सें. गरम पाणी थंड पाणी घेतलेल्या एका बीकरमध्यें ओता व १०० घ. सें. गरम पाणी थंड पाणी घेतलेल्या दुसऱ्या बीकरमध्यें ओता. प्रत्येकांतील पाणी ढवळून त्याचें महत्तम उष्णतामान पहा व नंतर केलेलीं निरीक्षणें पुढें दाखविल्याप्रमाणें लिहा.

	उष्णतामान श. अंश	परिमाण घ. सें.	मिश्रणाचें उष्णतामान
थंड पाणी	अ°	१००	क्ष°
गरम पाणी	ब°	५०	
थंड पाणी	क°	१००	य°
गरम पाणी	ड°	१००	

वरील प्रयोगावरून असें आढळून येईल कीं, एकाच उष्णतामानाच्या व परिमाणाच्या थंड पाण्याच्या उष्णतामानांतील वाढ त्यांत ओतलेल्या गरम पाण्याच्या परिमाणावर अवलंबून असते. गरम पाण्याच्या जास्त परिमाणापासून थंड पाण्याला जास्त उष्णता मिळून त्याच्या उष्णतामानांत जास्त वाढ होते; तेव्हां सारख्याच उष्णतामानाच्या कमी पाण्यापेक्षां जास्त पाण्यांत जास्त उष्णता असते हें यावरून सिद्ध होतें. ह्याचप्रमाणें विवक्षित उष्णतामानाच्या कोणत्याही पदार्थांत असलेली उष्णता त्या पदार्थाच्या परिमाणावर अवलंबून असते, हेंहि सहज सिद्ध करितां येईल.

एकाद्या पदार्थांत एकंदर उष्णता किती आहे हें पहाण्याचें आपल्या-जवळ साधन नाहीं; परंतु उष्णताशास्त्रांतील प्रयोगांत एका पदार्थांतील उष्णता दुसऱ्या पदार्थांत जाते व उष्णतेचें अशा रीतीनें स्थलांतर होतांना ती आपल्याला मोजतां येते.

लांबी, क्षेत्रफळ, वजन वगैरे मोजण्यास ज्याप्रमाणें प्रमाणमाप घेतलें असतें त्याचप्रमाणें उष्णतेची मोज करण्यास देखील एकादें प्रमाणमाप घेतलें पाहिजे.

उष्णता मोजण्याचीं दोन प्रमाणमापें सध्या उपयोगांत आहेत.

१ उष्णतेचें **ब्रिटिश प्रमाणमापः**--एक पौंड पाण्याचें उष्णतामान एक शतांश (centigrade) अंश वाढविण्यास जी उष्णता लागते ती उष्णता.

२. **उष्णतेचें फ्रेंच ×प्रमाणमापः**—एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान एक शतांश अंश वाढविण्यास जी उष्णता लागते ती उष्णता.*

फ्रेंच प्रमाणमाप जास्त उपयोगांत आहे. उष्णतेच्या प्रमाणमापाला म्हणतात.

एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढविण्यास जितकी उष्णता त्याला द्यावी लागते, तितकीच उष्णता एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १ श. उतरतांना त्यांतून निघेल हें उघड आहे. तेव्हां एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १°श. उतरतांना त्यांतून एक कॅलरी उष्णता निघेल.

उष्णतेच्या प्रमाणमापाच्या व्याख्येप्रमाणें १० ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढविण्यास १० कॅलरी उष्णता लागेल; व १०° श. उष्णतामान वाढविण्यास १० × १० = १०० कॅलरी उष्णता लागेल. तेव्हां पाण्याचें उष्णतामान वाढतांना पाण्यानें घेतलेली उष्णता, पाण्याच्या

---

*[टीपः—निरनिराळया उष्णतामानांवरील एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णता-मान एक अंश वाढविण्यास लागणारी उष्णता सारखी नसते. एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान ०° श. पासून १° श. पर्यंत वाढविण्यास जितकी उष्णता लागते ती तितक्याच पाण्याचें उष्णतामान २०° श. पासून २१° श. पर्यंत वाढविण्यास लागणाऱ्या उष्णतेच्या अगदीं बरोबर नसते. पण हा फरक अगदीं थोडा असल्यामुळें तो लक्षांत घेण्याची जरूरी नाहीं.]

× मीटरपद्धतीनुसार (प्रमाणमाप).

वजनाला उष्णतामानांतील चढानें गुणून जो गुणाकार येईल तितक्या कॅलरी असतें व त्याचप्रमाणें पाण्याचें उष्णतामान कमी होतांना पाण्यांतून निघालेली उष्णता, पाण्याच्या वजनाला उष्णतामानांतील उतारानें गुणून जो गुणाकार येतो तितक्या कॅलरी असते.

पाण्यानें घेतलेली उष्णता=पाण्याचें वजन×उष्णतामानांतील चढ. पाण्यांतून निघालेली उष्णता=पाण्याचें वजन×उष्णतामानांतील उतार.

उदा० १—दोन किलोग्रम पाण्याचें उष्णतामान २०° श. पासून ५०° श. पर्यंत वाढण्यास किती उष्णता लागेल ?

पाण्याचें वजन २००० ग्रॅम. उष्णतामानांतील वाढ = (५०−२०) = ३०° श. म्हणून पाण्याला लागणारी उष्णता = २०००×३० = ६०००० कॅलरी.

उदा०२— २०° श. उष्णतामानाच्या १०० ग्रॅम पाण्यांत ५०° श. उष्णतामानाचें तितकेंच पाणी ओतलें तर, त्या मिश्रणाचें उष्णतामान किती होईल ?

मिश्रणाचें उष्णतामान क्ष आहे असें समजा.

गरम पाण्याच्या उष्णतामानांतील उतार = (५०−क्ष)° श. म्हणून गरम पाण्यांतून निघालेली उष्णता = १०० (५०−क्ष) कॅलरी. थंड पाण्याच्या उष्णतामानांतील चढ = (क्ष−२०)° श. म्हणून थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता = १०० (क्ष−२०) कॅलरी. गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता सगळीच्या सगळी थंड पाण्यानें घेतली असें आपण समजलों तर

$$१०० (५०-क्ष) = १०० (क्ष-२०)$$

$$\therefore ५०-क्ष = क्ष-२०$$

$$\therefore क्ष = ३५^\circ \text{ श.}$$

वरील उदाहरणावरून असें दिसून येतें कीं, सारख्याच परिमाणाच्या गरम व थंड पाण्यांच्या मिश्रणाचें उष्णतामान त्यांच्या उष्णतामानांच्या मधोमध असलें पाहिजे. पण प्रत्यक्ष प्रयोगांत ह्या मिश्रणाचें उष्णतामान, त्या पाण्यांच्या उष्णतामानांच्या मधोमधील उष्णतामानापेक्षां किंचित् कमी असतें. ह्याचें कारण गरम पाण्याच्या उष्णतेपैकीं कांहीं उष्णता, ज्या भांड्यांत तो प्रयोग होतो तें भांडें व पाणी ढवळण्याकरितां उपयोगांत

आणलेलीं ढवळणीं घेतात; व म्हणून गरम पाण्यांतून निघालेली सर्वच्या सर्व उष्णता थंड पाण्याला मिळत नाहीं; व या कारणामुळें गरम पाण्याच्या उष्णतामानांतील उतारापेक्षां थंड पाण्याच्या उष्णतामानांतील चढ किंचित् कमी असतो.

उष्णताग्राहकशक्ति (Capacity for Heat.)

एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास एक कॅलरी उष्णता लागते. दुसऱ्या निरनिराळ्या पदार्थांच्या बाबतींत सुद्धां एक ग्रॅम पदार्थाचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास तितकीच म्हणजे एक कॅलरी उष्णता लागते कीं काय हें आतां पाहिलें पाहिजे.

प्रयोग ३२ वा.—सारख्याच वजनाचें व उष्णतामानाचें थंड पाणी व पारा (किंवा ग्लिसरीन) दोन निरनिराळ्या परीक्षण नळ्यांमध्यें घ्या, व त्या दोन्ही परीक्षण नळ्या सरासरी ८०° श. उष्णतामानाचें पाणी असलेल्या बीकरमध्यें आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें सरासरी दोन मिनटें ठेवा; व नंतर परीक्षण नळ्यांमधील पाण्याचें व पाऱ्याचें उष्णतामान पहा. पाऱ्याचें उष्णतामान पाण्याच्या उष्णतामानापेक्षां बरेंच जास्त चढलेलें आढळून येईल. दोन्ही पदार्थांचें वजन व त्यांचें आरंभींचें उष्णतामान सारखेंच आहे. बीकरमधील गरम पाण्यापासून दोघांना सारखीच उष्णता मिळते, मग पाऱ्याच्या उष्णतामानांतील चढ पाण्याच्या उष्णतामानांतील चढापेक्षां जास्त असण्याचें कारण काय ?



आकृति २२ वी.

ज्याअर्थीं सारख्याच उष्णतेनें पाऱ्याच्या उष्णतामानांत सारख्याच वजनाच्या पाण्याच्या उष्णतामानांतील वाढीपेक्षां जास्त वाढ होते त्याअर्थीं एक ग्रॅम पाण्याच्या उष्णतामानांत १° श. वाढ होण्याला जितकी उष्णता लागते त्यापेक्षां एक ग्रॅम पाऱ्याच्या उष्णतामानांत १° श. वाढ होण्याला कमी उष्णता लागत असली पाहिजे. दुसऱ्या भाषेंत म्हणावयाचें म्हणजे पाऱ्याची उष्णताग्राहकशक्ति पाण्याच्या उष्णताग्रहकशक्तीपेक्षां कमी असते.

प्रयोग ३३ वा.:—सारख्याच वजनाचें व उष्णतामानाचें पाणी व टरपेन्टाईन निरनिराळ्या बीकरमध्यें घ्या व प्रत्येकीमध्यें सारख्याच वजनाचें व उष्णतामानाचें गरम पाणी ओता. प्रत्येक बीकरमधील मिश्रणाला चांगलें ढवळून पाण्याच्या व टरपेन्टाईनच्या उष्णतामानांत किती चढ झाला तो पहा. टरपेन्टाईनच्या उष्णतामानांत झालेला चढ पाण्याच्या उष्णतामानांतील चढापेक्षां जास्त आहे असें आढळून येईल. प्रत्येक पदार्थांत ओतलेलें गरम पाणी सारख्याच वजनाचें व उष्णतामानाचें आहे तरी त्यापासून मिळालेल्या उष्णतेनें टरपेन्टाईनचें उष्णतामान जास्त चढतें. तेव्हां टरपेन्टाईनची उष्णताग्राहकशक्ति पाण्याच्या उष्णताग्राहकशक्तीपेक्षां कमी असली पाहिजे.

प्रयोग ३४ वा:—पोर्सलेन डिशमध्यें पाणी तापवून त्यांत मेण वितळवा व तें थंड करून सरासरी ½ सेंटिमिटर जाडीची चकती तयार करा नंतर ती त्या डिशमधून काढून घेऊन लोखंडी बैठकीच्या कड्यावर ठेवा.

लोखंड, तांबें, शिसें वगैरे धातूंचे सारख्या वजनाचे (सारख्या वजनाचे न मिळाल्यास सारख्या आकारमानाचे) हूक असलेले लहान गोळे दोऱ्यानें एका कड्याला बांधून ते कांहीं वेळ उकळत्या पाण्यांत धरा व नंतर ते बाहेर काढून बैठकीच्या कड्यावरील मेणाच्या चकतीवर एकाच वेळीं ठेवा. ज्या धातूनें उष्णतामान वाढतांना उकळत्या पाण्यापासून सर्वांत जास्त उष्णता घेतली असेल, तो धातू उष्णतामान उतरत असतां (थंड

टीप:—दोन सारख्याच उंचीचीं पण निरनिराळ्या व्यासाची उभट भांडीं घेऊन त्यांमध्यें सारख्याच उंचीपर्यंत पाणी घ्या व नंतर त्यांत सारख्याच परिमाणाचें पाणी ओतलें तर ज्या भांड्याचा व्यास लहान म्हणजे ज्याची पाणी मावण्याची शक्ति कमी आहे त्या भांड्यांत पाण्याची सपाटी जास्त वर जाते. त्याचप्रमाणें आरंभीं ज्याचें उष्णतामान सारखें आहे अशा सारख्याच वजनाच्या दोन पदार्थांना सारखीच उष्णता दिली तर त्या पदार्थांपैकीं ज्याची उष्णताग्राहकशक्ति कमी त्याच्या उष्णतामानांत दुसऱ्या पदार्थांपेक्षां जास्त वाढ होते.

होतांना) सर्वांत जास्त उष्णता देईल व म्हणून खालील मेण वितळवून सर्वांत अगोदर मेणांतून खालीं जाईल.

वरील प्रयोगांत असें आढळून येईल कीं, घेतलेल्या गोळ्यांपैकीं लोखंडाचा गोळा मेणांतून प्रथम खालीं जाईल; नंतर तांब्याचा गोळा खालीं जाईल व नंतर शिशाचा गोळा खालीं जाईल किंवा कदाचित् जाणारही नाहीं.

हे सर्व गोळे प्रथम जरी सारख्या उष्णतामानाचे होते तरी लोखंडी गोळयांत सर्वांत जास्त उष्णता होती व शिशाच्या गोळयांत सर्वांत कमी उष्णता होती हें ह्या प्रयोगावरून सिद्ध होतें. अर्थात उष्णतामान वाढतांना लोखंडाला उष्णतामानांतील १° श. वाढीकरितां सर्वांत जास्त उष्णता लागली म्हणजे त्याची उष्णताग्राहकशक्ति सर्वांत जास्त आहे व शिशाला सर्वांत कमी लागली म्हणजे त्याची उष्णताग्राहकशक्ति ह्या घेतलेल्या पदार्थांत सर्वांत कमी आहे हें उघड होतें.

प्रयोग ३५ वाः— सारख्याच वजनाचे निरनिराळे पदार्थ—पाणी, लोखंड (खिळे), तांबें (turnings मुरडाळीं), पारा—परीक्षण नळयामध्यें घेऊन, त्या एका मोठ्या बीकरमध्यें उकळत्या पाण्यांत ठेवा. कांहीं वेळानें त्या सर्व पदार्थांचें उष्णतामान सारखें व जवळ जवळ १००° श. होईल जितके पदार्थ घेतले असतील तितके बीकर घेऊन त्या प्रत्येकांत सारख्याच वजनाचें व उष्णतामानाचें पाणी घ्या. पाण्याचें उष्णतामान पाहून निरनिराळ्या बीकरमध्यें ते उष्ण केलेले पदार्थ ओता व प्रत्येक बीकरमधील मिश्रण चांगलें ढवळून उष्णतामानांत होणारा चढ ज्यावेळीं थांबेल त्यावेळीं प्रत्येक मिश्रणाचें उष्णतामान पहा व नंतर पुढें दाखविल्याप्रमाणें कोष्टक तयार करा.

	पाणी व पाणी	पाणी व लोखंड	पाणी व तांबें	पाणी व पारा
मिश्रणाचें उष्णतामान				

प्रयोग करून मिश्रणांचीं उष्णतामानें वरील कोष्टकांत लिहिल्यावर असें आढळून येईल कीं, (१) उष्ण पाण्यामुळें थंड पाण्याच्या उष्णतामानांत होणारा चढ सारख्याच वजनाच्या व उष्णतामानाच्या इतर पदार्थांमुळें सारख्याच वजनाच्या व उष्णतामानाच्या थंड पाण्याच्या उष्णतामानांत होणाऱ्या चढापेक्षां बराच जास्त असतो; (२) निरनिराळ्या उष्ण पदार्थांमुळें थंड पाण्याच्या उष्णतामानांत निरनिराळा चढ होतो.

ज्या पदार्थामुळें थंड पाण्याचें उष्णतामान सर्वांत जास्त चढतें म्हणजे थंड पाण्याला सर्वांत जास्त उष्णता मिळते त्या पदार्थाची उष्णताग्राहकशक्ति सर्वांत जास्त असली पाहिजे; कारण उष्ण होत असतांना तो पदार्थ सर्वांत जास्त उष्णता घेत असला पाहिजे. त्याचप्रमाणें ज्या पदार्थामुळें थंड पाण्याचें उष्णतामान सर्वांत कमी चढतें त्याची उष्णताग्राहकशक्ति सर्वांत कमी असली पाहिजे. प्रयोगांत घेतलेल्या पदार्थांमध्यें पाण्याची उष्णताग्राहकशक्ति सर्वांत जास्त आहे व बाकीच्या पदार्थांची उष्णताग्राहकशक्ति निरनिराळी असून पाऱ्याची उष्णताग्राहकशक्ति सर्वांत कमी आहे असें आढळून येईल. उष्णताग्राहकशक्तीच्या बाबतींत वरील पदार्थांचा अनुक्रम पुढीलप्रमाणें लागेल.

पाणी.
लोखंड.
तांबें.
पारा.

एक माप वजनाच्या (एक ग्रॅम किंवा एक पौंड) पदार्थाचें उष्णतामान १° श. चढविण्यास जितकी उष्णता लागते, त्या उष्णतेला [illegible] त्या पदार्थाची उष्णताग्राहकशक्ति म्हणतात. is meant in terms of

निरनिराळ्या पदार्थांची उष्णताग्राहकशक्ति निरनिराळी असते; तेव्हां सारख्याच वजनाच्या निरनिराळ्या पदार्थांचें उष्णतामान सारखेंच वाढविण्याकरितां त्यांना निरनिराळ्या प्रमाणांत उष्णता द्यावी लागेल. ज्या पदार्थांची उष्णताग्राहकशक्ति जास्त त्याला उष्ण होण्यास जास्त उष्णता लागेल. उलट थंड होतांना त्यांतून जास्त उष्णता बाहेर पडेल.

उष्णताग्राहक शक्ति मोजतात. जितकी ज्यास्त उष्णता तितकी
ज्यास्त [illegible]

पाण्याची उष्णताग्राहकशक्ति दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाच्या उष्णताग्राहकशक्तीपेक्षां जास्त असल्यामुळें त्याला गरम होण्यास सर्वांत जास्त उष्णता लागते. तसेंच तें थंड होतांना त्यांतून सर्वांत जास्त उष्णता बाहेर पडते. आणि म्हणूनच गरम होण्याला किंवा थंड होण्याला पाण्याला दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थापेक्षां जास्त वेळ लागतो.

पाण्याच्या उच्च उष्णताग्राहकशक्तीमुळें सृष्टीमध्यें जीं कांहीं कार्यें होतात तीं अतिशय महत्त्वाचीं आहेत.

गरम होण्याला अति उष्णता लागत असल्यामुळें, सूर्यकिरणामुळें तें अगदीं हळू तापतें; आणि ज्यावेळीं तें थंड होतें त्यावेळीं त्यांतून पुष्कळ उष्णता हळूहळूं बाहेर पडते. समुद्रवेष्टित प्रदेशांतील हवेवर ह्या गोष्टीचा फार परिणाम होतो. सभोंवतालचें पाणी उष्णकालांत विशेष गरम झाल्याशिवाय पुष्कळ उष्णता घेतें व शीतकालांत तें विशेष थंड झाल्याशिवाय त्यांतून पुष्कळ उष्णता बाहेर पडते.

सूर्याकडून जमिनीकडे आणि सभोंवतालील पाण्याकडे येणारी उष्णता मूळची सारखीच असते; परंतु पाणी जमिनीपेक्षां जास्त चांगलें किरणपरावर्तक असल्यामुळें तें जमिनीपेक्षां कमी उष्णता शोषण करून घेतें. पाण्याची उष्णताग्राहकशक्ति बरीच जास्त असल्यामुळें ह्या शोषलेल्या उष्णतेनें त्याचें उष्णतामान जमिनीच्या उष्णतामानापेक्षां कमी वाढतें व म्हणून उष्णकालांत जमिनीवरील हवा भोंवतालील जलपृष्ठावरील हवेपेक्षां बरीच जास्त उष्ण होते, व म्हणून जमिनीवरील गरम व हलकी हवा वर जाऊन जलपृष्ठावरील थंड हवेचा प्रवाह जमिनीकडे जातो व तेथील हवा थंड होते. अशा रीतीनें समुद्रवेष्टित प्रदेशांतील हवा उष्णकालांत जास्त उष्ण न होतां समशीतोष्ण राहते.

उष्णकालांत पाण्यानें पुष्कळ उष्णता सांठवून ठेविली असल्यामुळें शीतकालांत जमिनीवरील हवा भोंवतालील जलपृष्ठावरील हवेपेक्षां थंड असते. जलपृष्ठावरील गरम व हलकी हवा वर जाते व जमिनीवरील थंड हवा जलपृष्ठाकडे जाऊन वर गेलेल्या गरम हवेची जागा घेते. जलपृष्ठावरील वर गेलेली हलकी हवा हळूहळूं जमिनीकडील भागावर येऊन खालीं उतरते व अशा रीतीनें भोंवतालील पाण्यांतून बाहेर पडणारी उष्णता जमिनीवरील

हवेला गरम करिते; व म्हणून शीतकालांत जमिनीवरील हवा अतिशय थंड न होतां समशीतोष्ण राहते.

अशा रीतीनें जलवेष्टित प्रदेशावरील हवा उष्ण कालांत व शीत कालांत अति उष्ण किंवा अति थंड न होतां नेहमीं समशीतोष्ण राहते.

इंग्लंड व जपान हे दोन जलवेष्टित प्रदेश अशा प्रकारच्या समशीतोष्ण हवेचीं उदाहरणें आहेत.

विशिष्ट उष्णताः—एक ग्रॅम वजनाच्या पदार्थाचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास लागणारी उष्णता व तितक्याच पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास लागणारी उष्णता, या दोहोंचें जें गुणोत्तर, त्या गुणोत्तराला त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता म्हणतात.

$$\text{वि.उ.} = \frac{\text{एक ग्रॅम पदार्थाचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास लागणारी उष्णता.}}{\text{एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास लागणारी उष्णता.}}$$

ज्याअर्थीं एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास १ कॅलरी उष्णता लागते, त्याअर्थीं विशिष्ट उष्णतेची व्याख्या वरील सूत्रावरून पुढील प्रमाणें होते.

एक ग्रॅम वजनाच्या पदार्थाचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास जी उष्णता लागते, त्या उष्णतेला त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता म्हणतात.

निरनिराळ्या पदार्थांची विशिष्ट उष्णता निरनिराळी असते हें ३२–३३ ३४–३५ ह्या प्रयोगांवरून सिद्ध होतें.

तांब्याची वि. उ. ०·०९५ आहे; ह्याचा अर्थ एक ग्रॅम तांब्याचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास ०·०९५ कॅलरी उष्णता लागते. ५० ग्रॅम तांब्याचें उष्णतामान १०° श. वाढण्यास ५० × १० × ·०९५ कॅलरी उष्णता लागेल. अर्थात् उष्णतामान वाढतांना पदार्थानें घेतलेली उष्णता= पदार्थाचें वजन × उष्णतामानांतील वाढ × पदार्थाची वि. उ.

उष्णतामान उतरतांना पदार्थांतून निघालेली उष्णता=पदार्थाचें वजन × उष्णतामानांतील उतार × पदार्थाची वि. ऊ.

प्रश्नसंग्रह ४ था.

१. ३० ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १५° श. वाढण्यास किती उष्णता लागेल ?

२. उष्णतामान ९८° श. पासून २०° श. पर्यंत उतरत असतां ११७० कॅलरी उष्णता किती पाणी देईल ?

३. पाऱ्याची विशिष्ट उष्णता ·०३३ आहे. १०० ग्रॅम पाऱ्याचें उष्णतामान १५° श. चढण्यास किती उष्णता लागेल ?

४. तांब्याची वि. उ. ०·०९५ आहे. २५° श. उष्णतामान उतरतांना किती तांब्यापासून ९५ कॅलरी उष्णता मिळेल ?

५. लोखंडाची वि. उ. ०·११२ आहे. ४५ ग्रॅम लोखंडाला १२६ कॅलरी उष्णता दिली तर त्याचें उष्णतामान किती वाढेल ?

पदार्थांची विशिष्ट उष्णता काढणें:—विशिष्ट उष्णता काढण्याकरितां पदार्थ सोईस्कर वजनाचा घेऊन त्याला विशिष्ट उष्णतामानापर्यंत तापवितात व नंतर तो विशिष्ट उष्णतामानाच्या पाण्यांत टाकितात. गरम पदार्थ व थंड पाणी एकत्र मिसळल्यावर थंड पाणी गरम पदार्थापासून उष्णता घेतें. गरम पदार्थाचें उष्णतामान उतरतें व थंड पाण्याचें उष्णतामान चढतें आणि शेवटीं दोहोंचें उष्णतामान सारखें होतें. थंड पाण्याला गरम पदार्थापासून उष्णता मिळते. थंड पाण्याच्या उष्णतामानांत झालेल्या चढाला थंड पाण्याच्या वजनानें गुणिलें म्हणजे त्या पाण्यानें घेतलेली उष्णता समजतें. ही उष्णता गरम पदार्थाचें उष्णतामान उतरतांना त्यांतून निघालेल्या उष्णतेबरोबर असते. गरम पदार्थाच्या उष्णतामानांतील उतार पाहून, एक ग्रॅम पदार्थाचें उष्णामान १° श. उतरतांना त्यांतून किती उष्णता निघाली हें नंतर सहज काढतां येतें. एक ग्रॅम पदार्थाचें उष्णतामान १° श. उतरतांना त्यांतून जितकी उष्णता बाहेर पडेल तितकीच उष्णता त्या एक ग्रॅम पदार्थाच्या उष्णतामानांत १° वाढ होतांना तो घेईल; म्हणून एक ग्रॅम पदार्थाचें उष्णतामान १° श. उतरतांना त्यांतून जी उष्णता बाहेर पडेल ती त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता होईल.

ह्या रीतीमध्यें पदार्थाचें पाण्याशीं मिश्रण करून त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता काढतात, म्हणून ह्या रीतीला **मिश्रणाची** रीत म्हणतात.

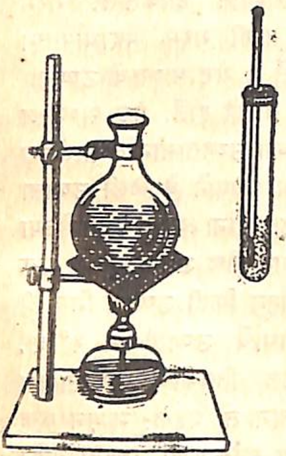
उष्णतामापक पात्र:—(Calorimeter) उष्णतामापनाच्या कोणत्याही प्रयोगांत घेतलेले पदार्थ ठेवण्यास भांड्याची अवश्यकता लागते. ह्या भांड्याला उष्णतामापक पात्र म्हणतात. हें साधारणतः पंचपात्रीच्या

त्याची कारणें थोडक्यात दिल्यास बरें होईल.

आकारासारखें तांब्याचें पात्र असून त्याची बाहेरील बाजू अगदीं चकचकीत ठेविली असते. प्रयोग करितांना ह्यामध्यें घेतलेलें पाणी ढवळण्याकरितां ह्यांत तांब्याच्या जाड तारेची एक ढवळणी ठेविली असते.

हें उष्णतामापक पात्र दुसऱ्या एका तसल्याच किंचित् मोठ्या पात्रामध्यें दोऱ्याच्या किंवा तारेच्या योगानें लोंबत ठेवितात किंवा एकाद्या उष्णतारोधक पदार्थावर ठेवितात. ह्या दुसऱ्या बाहेरील पात्राची आंतील बाजू चकचकीत ठेविली असते. या व्यवस्थेमुळें उष्णतामापक पात्रांतील पदार्थाची उष्णता फारशी फुकट जात नाहीं.

प्रयोग ३६ वा.—घन पदार्थाची विशिष्ट उष्णता काढणें:-एक तांब्याचें उष्णमापक पात्र (calorimeter) घेऊन तें वजन करा, व नंतर तें सुमारें अर्धें थंड पाण्यानें भरून त्याचें पुनः वजन करा. नंतर तें बाहेरील पात्रांत ठेवून त्याच्या आंतील पाण्यांत उष्णतामापक यंत्र टांगून ठेवा. एका परीक्षण नळीमध्यें आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें बुचाच्या * सहाय्यानें उष्णतामापक यंत्र धरून त्याचा फुगा व वरील कांहीं भाग ह्याभोंवतीं ज्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता काढणें असेल त्याचे तुकडे भरा व नंतर ती परीक्षण नळी चंबू किंवा बीकरमध्यें उकळत असलेल्या पाण्यांत कांहीं वेळ ठेवा. गरम करींत ठेवलेल्या पदार्थाचें उष्णतामान स्थिर झालें म्हणजे पहा. उष्णतामापक पात्रांतील थंड पाणी ढवळणीनें ढवळून त्याचें उष्णतामान पहा व मग लागलींच त्यांत गरम केलेला पदार्थ ओता व



आकृती २३ वी.

* टीपः—परीक्षण नळीला बसविलेल्या बुचाला उष्णतामापक यंत्र धरण्यासाठीं एक छिद्र असावें व एक भोंक किंवा खांच उष्णतेमुळें परिक्षणनळी मधील प्रसरण होऊन वाढलेली हवा बाहेर पडण्यासाठीं असावी.

x पाणी न उडेल अशा तऱ्हेनें.

त्या मिश्रणाला चांगलें ढवळून त्याचें महत्तम उष्णतामान पहा. नंतर उष्णतामापक पात्राचें पुनः वजन करा म्हणजे पदार्थाचें वजन मिळेल.

प्रयोगांत घेतलेली निरीक्षणें पुढीलप्रमाणें मांडा.

१. ढवळणीसह उष्णतामापक पात्राचें वजन	... ...	× ग्रॅम
२. उष्णतामापक पात्र व थंड पाणी यांचें वजन	... ...	× ग्रॅम
३. उष्णतामापक पात्र, थंड पाणी व पदार्थ यांचें वजन	...	× ग्रॅम
४. थंड पाण्याचें उष्णतामान	... ...	× श.
५. पदार्थाचें उष्णतामान	... ...	× श.
६. मिश्रणाचें महत्तम उष्णतामान	... ...	× श.

केलेल्या निरीक्षणावरून पाण्याचें उष्णतामान किती चढलें तें पहा व त्यावरून पाण्यानें घेतलेली उष्णता मोजा.

पाण्यानें घेतलेली उष्णता=पाण्याचें वजन × उष्णतामानांतील चढ. पदार्थाच्या उष्णतामानांतील उतार पहा व त्यावरून पदार्थापासून निघालेली उष्णता मोजा.

पदार्थापासून निघालेली उष्णता=पदार्थाचें वजन × उष्णतामानांतील उतार × पदार्थाची विशिष्ट उष्णता.

उष्ण पदार्थांतील जी उष्णता उष्णतामापक पात्र व भोंवतालील हवा घेतात ती उष्णता विचाराबाहेर टाकल्यास, उष्ण पदार्थानें दिलेली उष्णता थंड पाण्यानें घेतलेल्या उष्णतेबरोबर होईल.

पदार्थानें दिलेली उष्णता=पाण्यानें घेतलेली उष्णता.

उदा.:—प्रत्यक्ष प्रयोगांत मिळालेल्या पुढील निरीक्षणावरून जस्ताची विशिष्ट उष्णता काढा.

उष्णतामापक पात्राचें वजन	... ...	२८·३ ग्रॅम
उष्णतामापक पात्र व पाणी यांचें वजन	... ...	६६·९७ ग्रॅम
उष्ण. पात्र+पाणी+जस्त यांचें वजन	... ...	८६·१४ ग्रॅम
थंड पाण्याचें उष्णतामान	... ...	३१° श.
पदार्थाचें (जस्ताचें) उष्णतामान	... ...	९८·८° श.
मिश्रणाचें उष्णतामान	... ...	३३·८° श.

उष्णतामापक पात्रांतील थंड पाण्याचें वजन=६६·९७−२८·३=३८·६७ग्रॅम.

थंड पाण्याच्या उष्णतामानांतील वाढ=३३·८–३१=२·८° श.
थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता=३८·६७×२·८ कॅलरी
जस्ताचें वजन=८६·१४–६६·९७=१९·१७ ग्रॅम
जस्ताच्या उष्णतामानांतील उतार=९८·८–३३·८=६५° श.
जस्ताची विशिष्ट उष्णता क्ष आहे असें समजा.

जस्तानें दिलेली उष्णता=१९·१७×६५×क्ष कॅलरी.

उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली उष्णता विचाराबाहेर टाकल्यास जस्तानें दिलेली उष्णता पाण्यानें घेतलेल्या उष्णतेबरोबर होईल. म्हणून

जस्तानें दिलेली उष्णता = पाण्यानें घेतलेली उष्णता

१९·१७×६५×क्ष = ३८·६७×२·८

$$\therefore \text{क्ष} = \frac{३८.६७\times२.८}{१९.१७\times६५}$$

= ·०८५

जस्ताची विशिष्ट उष्णता = ·०८५

द्रव पदार्थांची विशिष्ट उष्णता काढणें.

द्रव पदार्थ पाण्यांत मिसळून त्याच्याशीं एकजीव होणारा अर्थात् त्यांत विद्रुत होणारा नसल्यास त्याची विशिष्ट उष्णता वरील रीतीनेंच काढतां येईल. स्पष्टीकरणाकरितां टरपेन्टाईनचें उदाहरण घेऊं.

प्रयोग ३७ वा.:—उष्णतामापक पात्राचें वजन करा व तें टरपेन्टाईननें सुमारें $\frac{1}{3}$ भरून त्याचें पुनः वजन करा; नंतर तें बाहेरील पात्रांत ठेवून टरपेन्टाईनमध्यें उष्णतामापक यंत्र टांगून ठेवा. एका बीकरमध्यें पाणी तापत ठेवून त्याचें उष्णतामान सुमारें ८०° श. होऊं द्या. नंतर टरपेन्टाईन ढवळून त्याचें उष्णतामान पहा. गरम पाण्याचें उष्णतामान नीट पाहून उष्णतामापक पात्र सुमारें $\frac{2}{3}$ भरेल इतकें गरम पाणी त्यांत ओता व लागलीच त्या मिश्रणाला चांगलें ढवळून त्याचें महत्तम उष्णतामान पहा. नंतर उष्णतामापक पात्राचें आंतील पदार्थांसह वजन करा म्हणजे ओतलेल्या पाण्याचें वजन मिळेल. नंतर केलेल्या निरीक्षणांवरून टरपेन्टाईनची विशिष्ट उष्णता काढा.

ह्या प्रयोगांत टरपेन्टाईन पाण्यापासून उष्णता घेतें. पाण्यानें दिलेली उष्णता=टरपेन्टाईननें घेतलेली उष्णता ∴ पाण्याचें वजन × पाण्याच्या उष्णतामानांतील उतार=टरपेन्टाईनचें वजन × टरपेन्टाईनच्या उष्णतामानांतील चढ × टरपेन्टाईनची विशिष्ट उष्णता.

कांहीं पदार्थांची विशिष्ट उष्णता खालीं दिली आहे.

तांबें—	०·०९५	पितळ—	०·०९४
लोखंड—	०·११२	जस्त—	०·०९३
पारा—	०·०३३	बर्फ—	०·५
शिसें—	०·०३१	टरपेन्टाईन—	०·४६७
चांदी—	०·०५७	ग्लिसरीन—	०·५८

उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी* (Water equivalent of a Calorimeter).

उष्णतामापक पात्रांतील द्रव पदार्थाचें उष्णतामान बदलतांना त्या पात्राचेंही उष्णतामान बदलतें. तेव्हां उष्णतामापनासंबंधीं प्रयोग करितांना उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली किंवा दिलेली उष्णता विचारांत घेतली पाहिजे. उष्णतामापक पात्रानें घेतलेल्या उष्णतेची तूट कांहीं जादा पाण्यानें भरून येते.

उष्णतामापक पात्राचें उष्णतामान १° श. चढण्यास जी उष्णता लागते त्या उष्णतेनें जितक्या पाण्याचें उष्णतामान १° श. चढेल तितक्या पाण्याला त्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी म्हणतात.

एका उष्णतामापक पात्राचें उष्णतामान १° श. चढण्यास ३·५ कॅलरी उष्णता लागते. इतक्या उष्णतेनें १° श. उष्णतामान ३·५ ग्रॅम पाण्याचें चढेल. प्रयोग करितेवेळीं उष्णतामापक पात्रांत घेतलेलें पाणी व हें ३·५ ग्रॅम जादा पाणी मिळून जी उष्णता घेतील ती उष्णता उष्णतामापक पात्र व त्यांतील थंड पाणी जी उष्णता घेतात त्या उष्णतेबरोबर होतें. ३·५ ग्रॅम जास्त पाणी घेऊन त्या उष्णतामापक पात्रानें घेतलेल्या उष्णतेची तूट भरून निघते; म्हणून ३·५ ग्रॅम पाण्याला त्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी म्हणतात.

जेव्हां जेव्हां उष्णतामापक पात्राचा संबंध येईल तेव्हां तेव्हां तें ढवळणीसहीत आहे असें समजावें.

प्रयोग३८ वा. उष्णतामापक पत्राचें सममूल्य पाणी काढणें:—उष्णतामापक पात्राचें वजन करा, नंतर तें थंड पाण्यानें सरासरी अर्धें भरून त्याचें पुन्हा वजन करा. तें मग बाहेरील पात्रांत ठेवून आंतील पाण्यांत उष्णतामापक यंत्र टांगून ठेवा.

बाजूला एका बीकरमध्यें पाणी गरम होण्यास ठेवून त्याचें उष्णतामान उष्णतामापक पत्रांतील पाण्यापेक्षां सरासरी १५° श. जास्त झाल्यावर उष्णतामापक पात्रांतील पाण्याचें उष्णतामान पहा. नंतर गरम पाण्याचें नक्की उष्णतामान पाहूत लागलींच त्यापैकीं कांहीं पाणी उष्णतामापक पात्रांत, तें सुमारें $\frac{3}{4}$ भरेल इतकें ओता व तें मिश्रण चांगलें ढवळून त्याचें महत्तम उष्णतामान पहा.

प्रयोगांत घ्यावीं लागणारीं निरीक्षणें.

१. उष्णतामापक पात्राचें वजन ... ... × ग्रॅम
२. उष्णतामापक पात्र + थंड पाणी यांचें वजन ... ... × ग्रॅम
३. उष्णतामापक पात्र+ थंड पाणी + गरम पाणी यांचें वजन × ग्रॅम
४. थंड पाण्याचें उष्णतामान ... ... × श.
५. गरम पाण्याचें उष्णतामान ... ... × श.
६. मिश्रणाचें उष्णतामान ... ... × श.

घेतलेल्या निरीक्षणावरून थंड पाण्यानें व उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली व गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता काढून पुढें दिल्याप्रमाणें समीकरण मांडा.

उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली उष्णता×थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता= गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता.

उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी कसें काढावयाचें तें पुढील उदाहरणावरून स्पष्ट होईल.

उदा०—पुढील निरीक्षाणावरून उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी काढा.

उष्णतामापक पात्राचें वजन ... ... २८·३ ग्रॅम.
उष्णतामापक पात्र व थंड पाणी यांचें वजन ... ... ६५·३ ग्रॅम.

उष्ण०पात्र+थंड पाणी +गरम पाणी यांचें वजन ... ८९·८ ग्रॅम.
थंड पाण्याचें उष्णतामान ... ... २९° श.
गरम पाण्याचें उष्णतामान ... ... ४०° श.
मिश्रणाचें महत्तम उष्णतामान ... ... ३३·२° श.
थंड पाण्याचें वजन ... ... ३७ ग्रॅम.
थंड पाण्याच्या उष्णतामानांतील वाढ ... ... ४·२° श.
थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता = ३७×४·२ कॅलरी.

उष्णतामापक पात्राचें उष्णतामान १°श. चढण्यास क्ष कॅलरी उष्णता लागते असें समजा. तेव्हां त्याच्या उष्णतामानांत ४·२°श वाढ होण्यास त्यानें घेतलेली उष्णता=४·२×क्ष कॅलरी.

गरम पाण्याचें वजन=२४·५ग्रॅम.

गरम पाण्याच्या उष्णतामानांतील उतार=६·८° श.
गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता=२४·५×६·८ कॅलरी.
गरम पाण्याने दिलेली उष्णता=थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता+उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली उष्णता.
म्हणून

$$२४·५×६·८=३७×४·२+४·२×\text{क्ष}$$
$$\therefore\ १६६·६=१५५·४+४·२×\text{क्ष}$$
$$\therefore\ ४·२\text{क्ष}=११·२$$
$$\therefore\ \text{क्ष}=\frac{११·२}{४·२}=२·७$$

उष्णतामापक पात्राचें उष्णतामान १° श. चढण्यास २·७ कॅलरी उष्णता लागते. इतक्या उष्णतेनें २·७ ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. चढेल. तेव्हां २·७ ग्रॅम पाणी त्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी झालें. हें पाणी उष्णतामापक पात्रानें घेतलेल्या उष्णतेची तूट भरून काढतें. उष्णतामापक पात्रांत प्रत्यक्ष असलेलें पाणी ३७ ग्रॅम व उष्णतामापक पात्रानें घेतलेल्या उष्णतेची तूट भरून काढणारें हें जास्त पाणी २·७ ग्रॅम मिळून ३९·७ ग्रॅम पाणी उष्णतामानांत ४·२° श. वाढ होतांना गरम पाण्यानें दिलेली सर्व उष्णता घेईल.

उष्णतामापकपात्राचें सममूल्य पाणी हिशेब करून काढणें.

उष्णतामापक पात्र ज्या धातूचें केलें असतें त्या धातूची विशिष्ट उष्णता माहीत असल्यास, उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी प्रत्यक्ष प्रयोग न करितां हिशेब करून काढतां येतें.

मागील प्रयोगांत उपयोगांत आणिलेलें उष्णतामापक पात्र तांब्याचें होतें. तांब्यांची विशिष्ट उष्णता ०.०९५ आहे. घेतलेल्या उष्णतामापक पात्राचें वजन २८.३ ग्रॅम होतें. म्हणून त्या उष्णतामापकपात्राचें उष्णतामान १° श. वाढण्यास २८.३×.०९५ कॅलरी उष्णता लागेल. इतकी उष्णता घेऊन २८.३×०९५ ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढेल. आणि म्हणून त्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी २८.३×.०९५ ग्रॅम होतें.

तेव्हां उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी त्याच्या वजनाला त्याच्या विशिष्ट उष्णतेनें गुणून मिळतें.

उष्णतामापकपात्रानें घेतलेली उष्णता हिशेबांत घेऊन पदार्थाची विशिष्ट उष्णता काढणें.

पदार्थाची विशिष्ट उष्णता काढतांना उष्णतामापकपत्रानें घेतलेली उष्णता हिशेबांत घेतली म्हणजे विशिष्ट उष्णता जास्त बरोबर येईल.

जस्ताची विशिष्टउष्णता काढण्यासाठीं पूर्वीं दिलेल्या उदाहरणांत उष्णतामापक पात्रांत घेतलेल्या थंड पाण्याचें वजन ३८.६७ ग्रॅम आहे. त्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी पूर्वीं प्रयोग करून काढल्याप्रमाणें २.७ग्रॅम आहे. तेव्हां तें उष्णतामापक पात्र उष्णतामानांत १° श. वाढ होण्याकरितां जितकी उष्णता घेतें, तितकी उष्णता २.७ ग्रॅम पाणी उष्णतामानांत १° श. वाढ होण्याकरितां घेतें; म्हणून त्या जस्ताच्या तुकड्यानें दिलेली सर्व उष्णता (१९.१७×६५×क्ष कॅलरी), ३८.६७+२.७=४१.३७ ग्रॅम पाणी त्याच्या उष्णतामानांत २.८° श. वाढ होण्याकरितां घेईल.

तेव्हां

१९·१७×६५×क्ष = ४१·३७×२·८

∴ क्ष = (४१·३७/१९·१७) (२·८/६५) = ०·०९३

किंवा, जस्तानें दिलेली उष्णता = १९·१७×६५×क्ष कॅलरी

थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता = ३८·६७×२·८ कॅलरी

उष्णतामापकपात्रानें घेतलेली ऊष्णता = २·७×२·८ कॅलरी

∴ १९·१७×६५×क्ष = ३८·६७×२·८+२·७×२·८

= २·८ (३८·६७+२·७)

= २·८×४१·३७

∴ क्ष = (४१·३७×२·८)/(१९·१७×६५) = ०·०९३

थर्मामीटर कांहीं उष्णता घेतें ती अत्यंत थोडी असते म्हणून सोडून देतात.

ह्या प्रकरणांतील महत्त्वाच्या गोष्टी.

उष्णतेचें प्रमाणमापः—एक ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान १° श. वाढण्याकरितां जी उष्णता लागते, त्या उष्णतेला उष्णतेचें प्रमाणमाप (Unit) म्हणतात.

निरनिराळ्या पदार्थांची विशिष्ट उष्णता वेगवेगळी असते.

विशिष्ट उष्णताः—एक ग्रॅम पदार्थाचें उष्णतामान १° श. वाढण्याकरितां जी उष्णता लागते त्या उष्णतेला त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता म्हणतात.

पदार्थांतून निघालेली किंवा पदार्थांना मिळालेली उष्णता पुढील तीन गोष्टींवर अवलंबून असते.

१ पदार्थाचें वजन.

२ विशिष्ट उष्णता.

३ उष्णतामानांतील उतार किंवा चढ.

पदार्थांतून निघालेली किंवा पदार्थाला मिळालेली उष्णता = पदार्थाचें वजन×विशिष्ट व उष्णता× उष्णतामानांतील उतार किंवा चढ.

उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणीः—(Water equivalent of a calorimeter.

उष्णतामापक पात्राचें उष्णतामान १° श. चढण्यास जितकी उष्णता लागते, तितक्या उष्णतेनें जितक्या पाण्याचें उष्णतामान १° श. चढेल तितक्या पाण्याला त्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी म्हणतात.

प्रश्नसंग्रह ५ वा.

१ उष्णतेचें प्रमाणमाप कशाला म्हणतात ?

५० ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान २५° श. पासून ४०° श. पर्यंत चढण्यास किती उष्णता लागेल ?

२. दोन प्रहरीं नदीच्या पात्रांतील रेती जितकी तापते तितकें नदींतलें पाणी तापत नाहीं. ऊन तर दोन्हीवर सारखेंच पडतें. मग हे पदार्थ सारखे कां तापत नाहींत ?

३. एका भांड्यांत २०° श. उष्णतामानाचें पाणी आहे व दुसऱ्या एका भांड्यांत २०° श. उष्णतामानाचा पारा आहे. प्रत्येक भांड्यांत १००° श. उष्णतामानाचें पाणी ओतून मिश्रण ढवळलें. कोणत्या मिश्रणाचें उष्णतामान अधिक उच्च होईल हें कारणासहित सांगा.

४. पाऱ्यापेक्षां टरपेन्टाईनची विशिष्ट उष्णता अधिक आहे हें प्रयोगानें सिद्ध करा.

५. तांब्याची विशिष्ट उष्णता ०·०९५ आहे;

४५·८ ग्रॅम वजनाच्या तांब्याच्या उष्णतामापक पात्राचें सममूल्य पाणी किती होईल ?

६. दिलेल्या चांदीच्या तुकड्याची विशिष्ट उष्णता काढण्याकरितां जो प्रयोग कराल त्याचें सविस्तर वर्णन करा.

७. लोखंडाची वि. उ. ०·११४ आहे. १०० ग्रॅम पाण्याचें उष्णतामान २५° श. पासून ३०° श. पर्यंत वाढण्यास ८०° श. उष्णतामानाचें किती लोखंड त्यांत टाकावें लागेल ?

८. १००° श. उष्णतामानाचें १ किलोग्रॅम तेल, ०° श. उष्णतामानाच्या १ किलोग्रॅम पाण्यांत ओतून केलेल्या मिश्रणाचें उष्णतामान १००° श. उष्णतामानाचें १ किलोग्रॅम पाणी व ०° श. उष्णतामानाचें १ किलोग्रॅम

तेल यांच्या मिश्रणाच्या उष्णतामानाइतकें होईल काय ? तुमच्या उत्तराला कारणें द्या.

९. २०° श उष्णतामानाचा पारा व ८०° उष्णतामानाचें पाणी यांचें समप्रमाणांत मिश्रण केल्यास त्या मिश्रणाचें उष्णतामान काय होईल ? पाऱ्याची विशिष्ट उष्णता ०.०३३ आहे.

१०. ६२° श. उष्णतामानाचें २५५ ग्रॅम वजनाचें पितळ ३२° श. उष्णतामानाच्या १२० ग्रॅम वजनाच्या पाण्यांत टाकिलें. तें मिश्रण ढवळल्या-नंतर पाण्याचें उष्णतामान ३७° श. होतें; तर पितळेची विशिष्ट उष्णता काय ?

११. पाण्याची विशिष्ट उष्णता तांब्याच्या विशिष्ट उष्णतेच्या ११ पट आहे ह्याचा अर्थ काय ?

५० ग्रॅम वजनाचा तांब्याचा गोळा बराच वेळ वाफेंत धरिला. नंतर ज्याचें सममूल्य पाणी १० ग्रॅम आहे अशा उष्णतामापक पात्रांत २०° श. उष्णाणमानाचें १४० ग्रॅम पाणी घेऊन त्यांत तो गोळा टाकिला. पाण्याचें महत्तम उष्णतामान किती होईल ?

१२ एका तांब्याच्या भांड्याचें वजन २०० ग्रॅम आहे. त्यामध्यें १५° श. उष्णतामानाचें ८०० ग्रॅम पाणी घेऊन त्यांत ९८° श. उष्णतामानाचें ७०० ग्रॅम तांबें टाकिल्यावर त्या पाण्याचें उष्णतामान २१° श. पर्यंत वाढतें. तर तांब्याची विशिष्ट उष्णता काय ?

प्रकरण ५ वें.

अनुद्भूत उष्णता (Latent heat). द्रवीभवन (Fusion). बाष्पीभवन (Vaporisation).

द्रवीभवनः—उष्णता लाविल्यानें पदार्थांचें उष्णतामान बदलतें एवढेंच नव्हे तर त्यांची स्थिति सुद्धां बदलते. मात्र उष्णता लाविली म्हणजे पदार्थांच्या उष्णतामानांत व आकारमानांत जसा हटकून बदल होतो तसा स्थितींत हटकून बदल होतोच असें नाहीं. पदार्थांच्या स्थितींत बदल

होण्यास त्या कार्याकरितां पुरेशी उष्णता लाविली पाहिजे. लोणी किंवा मेण ह्यांना उष्णता लाविल्यास, त्यांचें उष्णतामान हळूहळू वाढूं लागतें, व तें एका विशिष्ट मर्यादेवर गेल्यावर ते पदार्थ वितळतात. ह्याचप्रमाणें शिसें, जस्त वगैरे धातू विशिष्ट उष्णतामानापर्यंत तापविल्यावर वितळूं लागतात व त्यांचा द्रव होतो.

घन पदार्थांचें द्रव पदार्थांत रूपांतर होण्याच्या क्रियेला **द्रवीभवन** म्हणतात.

उष्णतेमुळें घन पदार्थांचें द्रवीभवन होत असतांना ज्या कांहीं महत्त्वाच्या गोष्टी आढळून येतात त्या पुढील प्रयोगांनीं आपल्याला समजतील.

प्रयोग ३९ वा:—एका मोठ्या परीक्षण नळीमध्यें उष्णतामापक ठेवा व त्या उष्णतामापकाच्या फुग्याभोंवतीं सरासरी दोन इंच वरपर्यंत स्वच्छ व शुद्ध बर्फाचे लहान लहान तुकडे भरा. नंतर ती परीक्षण नळी बर्फ व मीठ ह्यांच्या मिश्रणांत कांहीं वेळ ठेवून तिच्यांतील बर्फाचें उष्णतामान सुमारें –५° श. झालें म्हणजे ती एका बीकरमध्यें थंड पाण्यांत ठेवा व बीकरमधील थंड पाणी हळूहळू गरम करा. परीक्षण नळीमधील बर्फ वारंवार ढवळून त्याचें उष्णतामान वेळोवेळीं पहा. उष्णतामान ०° श. पर्यंत वाढून स्थिर होतें. सर्व बर्फ वितळून जाईपर्यंत तें वाढत नाहीं. सर्व बर्फ वितळून त्याचें पाणी झाल्यावर मग त्या पाण्याचें उष्णतामान वाढूं लागतें.

प्रयोग ४० वा:—एका परीक्षण नळीमध्यें उष्णता मापक ठेवून त्याच्या फुग्याभोंवती प्याराफिन मेणाचे तुकडे भरा. नंतर ती परीक्षण नळी एका बीकरमध्यें थंड पाण्यांत ठेवून, पाणी हळूहळूं गरम करा. परिक्षणनळीमधील प्याराफिन मेणाचे तुकडे उष्णतामापकानें ढवळून त्या मेणाचें उष्णतामान वेळोवेळीं पहात जा. मेणाचें उष्णतामान हळूहळूं चढत जाऊन तें सुमारें ५२° श. झाल्यावर मेण वितळूं लागेल मेण वितळूं लागल्यानंतर (द्रवीभवन सुरूं झाल्यावर) तें सर्व वितळेपर्यंत त्याचें उष्णतामान स्थिर राहील, पण सर्व मेणाचा द्रव झाल्यावर त्या द्रवाचें उष्णतामान नंतर वाढूं लागेल.

वरील दोन प्रयोगांवरून व निरनिराळ्या शुद्ध घन पदार्थांच्या बाबतींत असलेच प्रयोग केल्यास त्यांवरून, घन पदार्थांचें द्रवीभवन पुढील दोन नियमांना अनुसरून होत असतें असें दिसून येईल. आणि म्हणूनच ह्या नियमांना द्रवीभवनाचे नियम म्हणतात.

द्रवीभवनाचे नियमः—(१) पदार्थावरील दाब तो वितळेपर्यंत कायम राहिल्यास, प्रत्येक पदार्थ एका विविक्षित उष्णतामानावर वितळूं लागतो.

(२) द्रवीभवन सुरू झाल्यापासून तें पूर्ण होईपर्यंत त्या पदार्थाचें उष्णतामान स्थिर राहतें.

ज्या उष्णतामानावर प्रदार्थ वितळतो, त्या उष्णतामानाला त्या पदार्थाचा वितळण्याचा बिंदु म्हणतात.

घन पदार्थाचा वितळण्याचा बिंदु शोधणें:—पदार्थाचे लहान लहान तुकडे करून ते एका लहान परीक्षण नळीमध्यें भरा व ती बीकरमध्यें उकळत्या पाण्यांत धरा. परिक्षण नळीमधील पदार्थ वितळला तर त्याचा वितळण्याचा बिंदु १००° श. पेक्षां खालचा असला पाहिजे व जर तो वितळला नाहीं तर त्याचा वितळण्याचा बिंदु १००° श. पेक्षां वरचा असला पाहिजे हें उघड होतें.

पदार्थाचा वितळण्याचा बिंदु १००° श. पेक्षां खालचा असेल तर तो पदार्थ गरम करण्यास पाण्याचा उपयोग करावा. वितळण्याचा बिंदु १००° श. पेक्षां वरचा असल्यास, पदार्थ गरम करण्यास गंधकाचा तेजाब, ग्लिसरीन किंवा उकळण्याचा बिंदु १००° श. पेक्षां बराच वर असलेलें एकादें स्वच्छ तेल यांपैकीं योग्य व सोईस्कर होईल त्या द्रवाचा उपयोग करावा.

वितळण्याचा बिंदु शोधण्याकरितां तो पदार्थ एका बारीक भोंकाच्या व पातळ दिवालीच्या नळींत घ्यावा लागतो. ह्याकरितां कांचेची नळी घेऊन ती मधें तापवा व कांच मऊ झाली म्हणजे नळीचीं टोकें हळूहळू दूर ओढून बारीक भोंकाची लांब नळी तयार करा. ह्या पासून सुमारें तीन इंच लांबीचा तुकडा कापून घेऊन त्याचें एक टोंक बंद करा.

घेतलेल्या पदार्थाचा वितळण्याचा बिंदु १००° श. पेक्षां खालचा आहे असें आढळून आल्यास तो शोधण्यासाठीं पुढीलप्रमाणें प्रयोग करा.

प्रयोग ४१ वा:—पदार्थांचे अगदीं लहान लहान तुकडे करून ते तयार केलेल्या बारीक भोंकाच्या नळींत तळाजवळ भरा. (पदार्थ खालीं तळाकडे ढकलण्याकरितां बारीक सुईचा किंवा लोखंडी तारेचा उपयोग करावा.) नंतर पदार्थ फुग्याजवळ राहील अशा रीतीनें ती नळी उष्णतामापक यंत्राला रबरी वलयांनीं (India Rubber rings) बांधा. (इंडिया रबर टयूब कातरीनें कातरून रबर रिंग्ज तयार करितां येतील.) नळी बांधलेलें तें उष्णतामापक यंत्र नंतर आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें बीकरमध्यें(किंवा मोठ्या परीक्षण नळीमध्यें) थंड पाण्यांत टांगा. नळीचें वरचें टोंक पाण्याच्या पृष्ठभागावर असावें पण तिचा बहुतेक भाग पाण्यांत बुडलेला असावा. बीकरमधील पाणी गरम करा व तें वारंवार ढवळणीनें ढवळा. पदार्थ वितळूं* लागल्याबरोबर त्याचें उष्णतामान पहा व बीकरखालील दिवा लागलींच काढून घ्या. बीकरमधील पाणी थंड होऊन परीक्षण नळीमधील द्रवाचें घनीभवन सुरूं झाल्याबरोबर त्याचें उष्णतामान पहा. पुनः बीकर हळूहळूं गरम करून पदार्थाच्या द्रवीभवनाचें उष्णतामान पहा व त्याखालील दिवा लागलींच काढून घेऊन पदार्थांच्या घनीभवनाचें उष्णतामान पुन्हा पहा. दुसऱ्यांदां घेतलेलीं हीं उष्णतामानाचीं वाचनें पहिल्यापेक्षां जास्त बरोबर असतात. द्रवीभवनाचें व घनीभवनाचें उष्णतामान आणखी एकदां पहा व दुसऱ्यांदां व तिसऱ्यांदां पाहिलेल्या ह्या चार उष्णतामानांची सरासरी काढून जें उष्णतामान येईल तें त्या पदार्थाचा वितळण्याचा बिंदु समजावा.



आकृती २४ वी.

---

* (टीप:—पदार्थ वितळला म्हणजे तो पारदर्शक होतो व म्हणून तो वितळूं लागला म्हणजे तेव्हांच समजतें.)

गंधकाचा वितळण्याचा बिंदु १००° श. वर आहे म्हणून तो वितळविण्यास ग्लिसरीन किंवा गंधकाच्या कडक तेजाबाचा (Strong sulphuric acid) उपयोग करावा. उष्णतामापक यंत्र निदान १५०° श. पर्यंत उष्णतामान दाखविणारें असावें. पदार्थ वितळविण्यास गंधकाच्या तेजाबाचा उपयोग केल्यास, पदार्थ भरलेली नळी उष्णतामापक यंत्राला बांधण्याला रबरी वलयांचा उपयोग होणार नाहीं व म्हणून ह्या कामाकरितां प्लॅटिनमच्या तारेचा उपयोग करावा.

कांहीं पदार्थांचे वितळण्याचे बिंदु

पारा	−३९° श.	कथील	२३०° श
बर्फ	०° ,,	शिसें	३२४° ,,
फास्फोरस	४४° ,,	जस्त	४२५° ,,
स्टिअरीन	६०° ,,	चांदी	९५४° ,,
मधमाशांचें मेण	६२° ,,	सोनें	१०३५° ,,
प्याराफिन मेण	५२° ,,	ओतीव लोखंड	११५०° ,,
गंधक	११४° ,,		

अनुभूत उष्णता:—मागील प्रयोगांत (प्रयोग ३९ व ४०) आपल्याला असें आढळून आलें आहे कीं, पदार्थांचें द्रवीभवन सूरू झाल्यापासून तें पूर्ण होईपर्यंत, त्यांना उष्णता एकसारखी मिळत असतां त्यांचें उष्णतामान बदलत नाहीं; तें स्थिर राहतें. ह्यावेळीं पदार्थाला मिळणारी उष्णता जर पदार्थाचें उष्णतामान बदलत नाहीं तर ती कोणतें कार्य करितें? पदार्थाचें द्रवीभवन पूर्ण झाल्यावर उष्णतेचा पुरवठा सुरूंच ठेवला तर मात्र त्या द्रवाचें उष्णतामान वाढूं लागतें. यावरून असें दिसतें कीं, मध्यंतरी जी उष्णता पदार्थाला मिळते, जी त्याचें उष्णतामान वाढवीत नाहीं, ती उष्णता पदार्थाची स्थिति बदलण्यांत—त्या घन पदार्थाचा द्रव करण्यांत—खर्च होत असली पाहिजे.

पदार्थांची स्थिति बदलण्यास उष्णता लागते ही गोष्ट पुढील प्रयोगानें सिद्ध होतें.

प्रयोग ४२ वाः—बर्फ वितळण्यास उष्णता लागते.

दोन बीकरांचें वजन करून प्रत्येकांत सारख्याच वजनाचें व उष्णतामानाचें पाणी घ्या. एकांत ०° श. उष्णतामानाच्या बर्फाचें कांहीं तुकडे टाकून व मिश्रण ढवळणीनें ढवळून बर्फ वितळल्यावर त्या मिश्रणाचें उष्णतामान पहा; व नंतर तो बीकर वजन करून, मिळवलेल्या बर्फाचें वजन काढा. दुसऱ्या बीकरमध्यें बर्फाच्या वजना इतकें ०° श उष्णतामानाचें पाणी (बर्फ वितळून तयार केलेलें) ओता व तें मिश्रण ढवळून मिश्रणाचें उष्णतामान पहा. बर्फ टाकलेल्या बीकरमधील पाण्याचें उष्णतामान दुसऱ्या बीकरमधील पाण्याच्या उष्णतामानापेक्षां बरेंच कमी आढळेल. यावरून बर्फानें वितळतांना बरीच उष्णता शोषण केली असली पाहिजे हें सिद्ध होतें.

एक ग्रॅम पदार्थाची फक्त स्थिति बदलण्याकरितां जी उष्णता लागते त्या उष्णतेला अनुद्भूत उष्णता म्हणतात.

घन पदार्थ वितळतांना त्यानें घेतलेली उष्णता त्याच्या द्रवांत अदृश्य किंवा गुप्त असते असें पूर्वीं समजत असत; पण हा समज खरा नाहीं. घन पदार्थाचें द्रवीभवन होण्याकरितां त्याचे बारीक बारीक कण होऊन ते कांहीं मर्यादेपर्यंत एकमेकांपासून दूर व्हावे लागतात व ही गोष्ट उष्णतेनें घडून येते. पदार्थाला तो वितळूं लागल्यावर मिळणारी उष्णता त्याचे बारीक बारीक कण करून ते एकमेकांपासून दूर करण्यांत खर्च होते व ह्यामुळें त्या सर्व पदार्थाचा द्रव होईपर्यंत त्याला मिळणाऱ्या उष्णतेनें त्याचें उष्णतामान वाढत नाहीं. उलट, पदार्थाचें घनीभवन होत असतां पदार्थांतून उष्णता बाहेर पडत असली तरी त्याचें उष्णतामान कमी होत नाहीं.

द्रवीभवन होतांना पदार्थ उष्णता घेतो व द्रव पदार्थ त्याचें घनीभवन होतांना उष्णता बाहेर टाकतो.

एक माप वजनाच्या घन पदार्थाचें उष्णतामान न बदलतां द्रवीभवन होण्याकरितां जी उष्णता लागते त्या उष्णतेला त्या पदार्थाच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता म्हणतात.

उष्णता अनुद्भूत का म्हणतात हें स्पष्ट व्हावयास पाहिजे.

बर्फाच्या द्रवीभवनाच्या अनुद्भूत उष्णतेला, पाण्याची अनुद्भूत उष्णता असेंही म्हणतात.

पाण्याची अनुद्भूत उष्णता मोजणें.

प्रयोग ४३ वा:—एक तांब्याचें उष्णतामापक पात्र ढवळणीसह घेऊन त्याचें वजन करा. एका बीकरमध्यें कांहीं पाणी त्याचें उष्णतामान हवेच्या उष्णतामानावर सरासरी १०° श. होईपर्यंत तापवा. नंतर ह्या पाण्यानें उष्णतामापक पात्र सुमारें ½ भरून त्याचें वजन करा व तें बाहेरील पात्रांत टांगून आंतील पाण्यांत उष्णतामापक यंत्र टांगून ठेवा. स्वच्छ बर्फाचे सुपारीएवढे चार पांच तुकडे टिपकागदावर कोरडे करा व उष्णतामापक पात्रांतील पाण्याचें नक्की उष्णतामान पाहून त्यांत बर्फाचे कोरडे तुकडे टाका. मिश्रण ढवळणीनें चांगलें ढवळून सर्व बर्फ वितळल्याबरोबर लागलींच पाण्याचें उष्णतामान पहा. नंतर उष्णतामापक यंत्र काढून घेऊन आंतील पाण्यासह उष्णतामापक पात्राचें पुनः वजन करा व प्रयोगांतील निरीक्षणें पुढीलप्रमाणें मांडा.

१. उष्णतामापक पात्राचें वजन	×	ग्रॅम
२. उष्णतामापक पात्र+गरम पाणी यांचें वजन ...	×	,,
३. उष्णतामापक पात्र+गरम पाणी+बर्फ यांचें वजन ...	×	,,
४. उष्णतामापक पात्रांतील गरम पाण्याचें उष्णतामान	×	श.
५. पाण्याचें शेवटचें उष्णतामान	×	,,

पाण्याची अनुद्भूत उष्णता क्ष कॅलरी आहे असें समजा. बर्फानें द्रवीभवन होतांना घेतलेली उष्णता+बर्फ वितळून झालेल्या पाण्यानें घेतलेली उष्णता=गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता+उष्णतामापक पात्रानें दिलेली उष्णता.

बर्फानें द्रवीभवन होतांना घेतलेली उष्णता=बर्फाचें वजन × क्ष. बर्फापासून झालेल्या पाण्यानें घेतलेली उष्णता=पाण्याचें (बर्फाचें) वजन ×त्याच्या उष्णतामानांतील वाढ.

गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता=त्या पाण्याचें वजन×त्याच्या उष्णतामानांतील उतार.

उष्णतामापक पात्रानें दिलेली उष्णता=त्या पात्राचें वजन×त्याची विशिष्ट उष्णता×त्याच्या उष्णतामानांतील उतार.

उदा०—एका प्रयोगांतील पुढील निरीक्षणावरून बर्फाच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता काढा.

तांब्याच्या उष्णतामापक पात्राचें वजन ... ... २९·८ ग्रॅम.
उष्णतामापक पात्र+गरम पाणी यांचें वजन ... ७४·५ ग्रॅम.
उष्ण·पात्र+गरम पाणी+बर्फ यांचें वजन ... ८२·३ ग्रॅम.
उष्ण·पात्रांतील गरम पाण्याचें पूर्वीचें उष्णतामान ... २८·४° श.
उष्ण·पात्रांतील पाण्यांत बर्फ वितळल्यानंतरचें उष्णतामान १३·३° श.

बर्फाच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता क्ष आहे असें समजा. बर्फाचें वजन=८२·३–७४·५=७·८ ग्रॅम.

∴ बर्फानें द्रवीभवनाकरितां घेतलेली उष्णता=७·८×क्ष कॅलरी. (अ) बर्फ वितळून झालेल्या पाण्याचें उष्णतामान ०° श पासून १३·३° श. पर्यंत वाढतें; व इतकें उष्णतामान वाढतांना त्या पाण्यानें घेतलेली उष्णता= ७·८×१३·३=१०३·७४ कॅलरी...(क).

उष्णतामापक पात्रांतील पूर्वीच्या गरम पाण्याचें वजन=७४·५–२९·८= ४४·७ ग्रॅम.

गरम पाणी व उष्णतामापक पात्र यांच्या उष्णतामानांतील उतार= १५·१° श.

गरम पाण्यानें दिलेली उष्णता=४४·७×१५·१ कॅलरी...(च).
उष्णतामापक पात्रानें दिलेली उष्णता=२९·८×·१×१५·१ कॅलरी(ट).

अ + क = च + ट.

∴ ७·८×क्ष+७·८×१३·३ = ४४·७×१५·१+·१×२९·८×१५·१
=१५·१×(४४·७+२·९८)

∴ ७·८ क्ष+१०३·७४=१५·१×४७·६८
=७१९·९६८

∴ ७·८ क्ष=७१९·९६८–१०३·७४

∴ क्ष= $\frac{६१६·२२८}{७·८}$ =७९

∴ बर्फाच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता=७९ कॅलरी.

फार काळजीपूर्वक अनेक प्रयोग करून बर्फाच्या द्रवीभवनाची किंवा पाण्याची अनुद्भूत उष्णता सुमारें ८० कॅलरी आहे असें दिसून आलें आहे.

विशिष्ट वितळण्याचा बिंदु असलेल्या दुसऱ्या घन पदार्थांच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता अशाच रीतीनें काढतां येते; पण ती काढतांना त्यांची विशिष्ट उष्णता विचारांत घ्यावी लागते.

दुसऱ्या कांहीं घन पदार्थांच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता पुढें दिली आहे.

शिसें—५.५

चांदी—२१

बिस्मथ—१३

गंधक—९.५

घनीभवन होतांना पदार्थांच्या आकारमानांत होणारा बदल.

पाणी गोठतांना प्रसरण पावतें. शून्य अंश उष्णतामानावर पाण्याचें आकारमान जर ११ घन इंच असलें तर त्याचें गोठून झालेल्या बर्फाचें आकारमान १२ घन इंच होतें. पाण्याचें घनीभवन होते वेळीं होणाऱ्या ह्या प्रसरणामुळेंच थंड प्रदेशांत अतिशय थंडीमध्यें नळांतील पाणी गोठून नळ फुटतात. नळाला पडलेली भेग आंतील बर्फ वितळूं लागलें म्हणजे दिसून येते.

ओतीव लोखंड, बिस्मथ, अँटिमनी वगैरे पदार्थही घनीभवन होतांना प्रसरण पावतात; व म्हणूनच अशा पदार्थांचे रस सांच्यांत ओतून तयार केलेल्या मूर्ती किंवा जिन्नस रेंखीव अथवा स्पष्ट असतात.

वरील पदार्थांसारखे कांहीं अपवाद वगळतां, बहुतेक सर्व पदार्थ, घनीभवन होत असतां आकुंचन पावतात व म्हणून असले पदार्थ ओतकामाला अयोग्य ठरतात. ह्या कारणामुळेंच चांदी सोन्याचीं नाणीं ओतून तयार करितां येत नाहींत. तीं त्यांच्यावर दाबानें ठसा उमटवून तयार करितात.

द्रावण व शीतताजनक मिश्रणें:—

प्रयोग ४४ वा.(अ):—एका परीक्षणनळीमध्यें कांहीं पाणी घेऊन त्याचें उष्णतामान पहा. नंतर त्या पाण्यांत उष्णतामापक यंत्र ठेऊन त्यांत कांहीं भुकटी केलेलें नवसागर टाका व पाणी ढवळून त्याचें उष्णतामान पहा. नवसागर मिळविल्यावर पाण्याचें उष्णतामान कमी होतें असें आढळून येईल.

(ब) एका परीक्षणनळींमध्यें बर्फाचें तुकडे भरा व बर्फाचें उष्णतामान पहा. नंतर त्या बर्फांत मिठाची कांहीं पूड मिळवून व तें मिश्रण ढवळून त्या मिश्रणाचें लघुत्तम उष्णतामान पहा.

घन पदार्थ पाण्यांत किंवा दुसऱ्या द्रव पदार्थांत विद्रुत होतात तेव्हां ते द्रवरूपांत जातात. त्यांच्या द्रवीभवनाकरितां उष्णता लागते, व ही उष्णता ते पदार्थ ज्या द्रवपदार्थांत विद्रुत होतात त्यापासून घेतात व म्हणून त्या द्रव पदार्थांचें उष्णतामान कमी होतें व आपल्याला थंड द्रावण मिळतें.

बर्फांत मीठ मिसळल्यावर कांहीं बर्फाचें पाणी होऊन त्यांत मीठ विद्रुत होतें. मिठाच्या द्रवीभवनाकरितां लागणारी उष्णता तें बर्फापासून घेतें व ह्याकारणामुळें त्या मिश्रणाचें उष्णतामान ०° श. पेक्षां बरेंच कमी होतें. असल्या मिश्रणाचा शीतताजनक मिश्रण म्हणून उपयोग करितात. असल्या मिश्रणांचा उपयोग करून कृत्रिक बर्फ तयार करितां येतें व दूध गोठवितां येतें व अशाच रीतीनें आइस्क्रीम तयार करितां येतें.

बाष्पीभवन (Vaporisation). **शांत बाष्पीभवन** (Evaporation):—पोर्सलेन डिशमध्यें पाणी घेऊन ती डिश हवेंत उघडी ठेविली असतां, तींतील पाणी हळूहळूं कमी होत जातें व ह्याचें कारण पाण्याची हळूहळूं वाफ होऊन ती हवेंत निघून जाते हें होय. पाणी उघडें राहिलें म्हणजे त्याचें बाष्पीभवन शांतपणें कोणत्याही उष्णतामानावर एकसारखें चालू असतें. पाण्याचा पृष्ठभाग वाढविला असतां (पाणी ठेवलेलें भांडें पसरट तोंडाचें असतें तेव्हां), त्याचें उष्णतामान उत्कलनबिंदूपर्यंत न जाईल अशा रीतीनें वाढविलें असतां, सभोंवतालील हवा कोरडी असली तर किंवा वारा सुरू होऊन हवा एकसारखी बदलत असली तर, बाष्पीभवन जलद होऊं लागतें.

उत्कलन (Boiling or Ebullition).

प्रयोग ४५:—एका चंबूमध्यें कांहीं पाणी घेऊन त्याच्याखालीं दिवा ठेवल्यावर, पाण्याचें उष्णतामान वाढूं लागतें. कांहीं वेळानंतर प्रथम तळाशीं वाफेचे बुडबुडे बनतात व ते पाण्याच्या पृष्ठभागाकडे वर जाऊं लागतात; पण पृष्ठभागावर पोहोंचण्यापूर्वीं, त्यांच्यापेक्षां कमी

उष्णतामानाच्या पाण्यांतून जात असतां, त्यांचें सांद्रीभवन (Condensation) होतें. कांहीं वेळानें पाण्याचें उष्णतामान वाढून तें सर्वत्र सारखें होतें व वाफेचे बुडबुडे पृष्ठभागावर येऊन ते वरील मोकळ्या जागेंत जातात व पाणी उकळूं लागतें. उकळण्याची क्रिया (उत्कलन) एकदां सुरूं झाली म्हणजे उकळत्या पाण्याचें उष्णतामान स्थिर राहतें. पाणी शुद्ध असल्यास हें उष्णतामान सुमारें १००° श. असतें. उकळत्या पाण्याला एकसारखी उष्णता मिळत असतां त्याचें उष्णतामान वाढत कां नाहीं? उत्कलन सुरूं झाल्यानंतर पाण्याला मिळणारी उष्णता जर त्याचें उष्णतामान वाढवीत नाहीं तर ती कोणतें कार्य करिते?

जी उष्णता उष्णतामापकानें समजत नाहीं व बाह्यतः फुकट जातेशी वाटते ती वस्तुतः पाणी वाफेच्या स्थितीला येईल अशा रीतीनें पाण्याचे कण एकमेकांपासून दूर सारण्यांत खर्च होते. उत्कलन सुरूं झाल्यानंतर दिव्यापासून पाण्याला मिळत असलेली सर्व उष्णता, पाण्याचें रूपांतर वाफेंत करण्यांत खर्च होते.

उत्कलन होत असतां बाष्पीभवन जलद व एका विशिष्ट उष्णतामानावर होत असतें. ह्या प्रकारच्या बाष्पीभवनांत वाफेचे बुडबुडे दिसतात व खदखद आवाज होतो.

निरनिराळे द्रव पदार्थ घेऊन, त्यांना उष्णता लावून उकळी आणल्यास असें आढळून येईल कीं, प्रत्येक द्रवपदार्थाचें उत्कलन पुढील नियमांना अनुसरून होत असतें, आणि म्हणूनच ह्या नियमांना उत्कलनाचे नियम म्हणतात.

उत्कलनाचे नियमः—

(१) विशिष्ट दाबाखालीं प्रत्येक द्रव पदार्थ एका विशिष्ट उष्णतामानावर उकळूं लागतो.

(२) उत्कलन सुरूं झाल्यापासून तें बंद होईपर्यंत त्या द्रव पदार्थाचें उष्णतामान स्थिर राहतें; बदलत नाहीं.

(३) द्रव पदार्थावरील दाब वाढला म्हणजे उत्कलन बिंदु वाढतो व दाब कमी झाला म्हणजे उत्कलन बिंदु कमी होतो.

उत्कलन बिंदु:—ज्या स्थिर उष्णतामानावर द्रव पदार्थ उकळतो, त्या उष्णतामानाला त्या द्रव पदार्थाचा उत्कलन बिंदु म्हणतात.

उत्कलन बिंदु पाहतांना त्या द्रव पदार्थाच्या वाफेचें उष्णतामान पहातात; कारण त्या द्रव पदार्थांत दुसरा एकादा पदार्थ विद्रुत झालेला असेल तर त्या द्रव पदार्थाचें उकळत असतांनाचें उष्णतामान त्या शुद्ध द्रव पदार्थाच्या उकळत असतानांच्या उष्णतामानापेक्षां जास्त उच्च असतें व तें त्या द्रव पदार्थांत विद्रुत असलेल्या पदार्थाच्या प्रमाणावर अवलंबून असतें. (प्रयोग २० वा पहा).

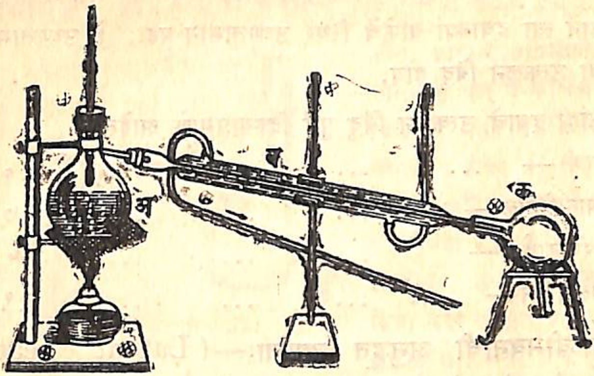
द्रवपदार्थांचा उत्कलन बिंदु पाहणें.

प्रयोग ४६:—**पाण्याचा उत्कलन बिंदु पाहणें.**:—ह्या प्रयोगाकरितां १५ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उपकरणाची सिद्धता करा. चंबूतील पाणी तापवा. पाणी उकळूं लागून वाफेचें उष्णतामान स्थिर झाल्यावर तें वाफेंत धरलेल्या उष्णतामापक यंत्रानें पहा. हें उष्णतामान त्यावेळीं पाण्यावर असलेल्या विशिष्ट दाबाखालीं पाण्याचा उत्कलन बिंदु होय.

पाण्याव्यतिरिक्त दुसऱ्या एकाद्या द्रव पदार्थाचा उत्कलन बिंदु पाहणें असल्यास वरील प्रयोगांतील उपकरण उपयोगी पडत नाहीं. पाण्याची वाफ हवेंत नाहीशी होऊन तें फुकट गेलें तरी त्याची आपल्याला पर्वा वाटत नाहीं; पण दुसऱ्या द्रव पदार्थाला किंमत पडत असल्यामुळें तो फुकट जाऊं देतां येत नाहीं व ह्याकरितां त्याची वाफ थंड करून तो द्रवपदार्थ पुन्हा परत मिळवावा लागतो व म्हणून ह्या प्रयोगाला २५ व्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उपकरणाची सिद्धता करावी लागते.

दुसऱ्या द्रव पदार्थाचा उत्कलन बिंदु काढणें.

प्रयोग ४७ वा:—आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उपकरणाची सिद्धता करा.



आकृति २५ वी.

अ हें डिस्टिलिंग फ्लास्क (चंबू) ब ह्या शीतकाला (Condenser) जोडलें आहे, व शीतकाचें दुसरें टोंक क ह्या ग्राहकामध्यें (Receiver) गेलेलें आहे. शीतकाची आंतील नळी बाहेरील मोठ्या नळीमधील थंड पाण्यानें वेष्टिलेली आहे. शीतकाच्या बाहेरील नळीला जोडलेल्या खालील टोंकाजवळील नळींतून थंड पाणी शीतकांत येतें व वरील टोंकाजवळ जोडलेल्या नळींतून पाणी शीतकांतून बाहेर पडतें. उर्ध्वपातन (Distillation) होत असतां शीतकाच्या बाहेरील नळीतलें बाहेर पडणारें पाणी गरम असतें. (कां ?)

ज्याचा उत्कलन बिंदु पहावयाचा असेल तो द्रव डिस्टिलिंग फ्लास्कमध्यें ओता व फ्लास्कला उष्णतामापक बसविलेलें बूच घट्ट बसवा. नंतर तो चंबू (Distilling flask) तापवा. त्यामधील द्रव उकळूं लागला म्हणजे शीतकांत थंड पाण्याचा प्रवाह सुरू करा. द्रवाची वाफ चंबूच्या बाजूच्या नळींतून शीतकाच्या आंतील थंड नळींत जाते व तेथें तिचें सांद्रीभवन (Condensation) होऊन द्रव होतो व त्या द्रवाचें थेंब शीतकाच्या आंतील नळींतून ग्राहकामध्यें पडतात; व अशा रीतीनें वायु-

रूपांत गेलेला द्रव पुन्हा परत मिळतो. चंबूमध्यें असलेल्या उष्णतामापकानें त्या द्रवाच्या वाफेचें स्थिर उष्णतामान पहा. हें उष्णतामान त्या द्रवाचा उत्कलन बिंदु होय.

कांहीं द्रवाचे उत्कलन बिंदु पुढें दिल्याप्रमाणें आहेत.

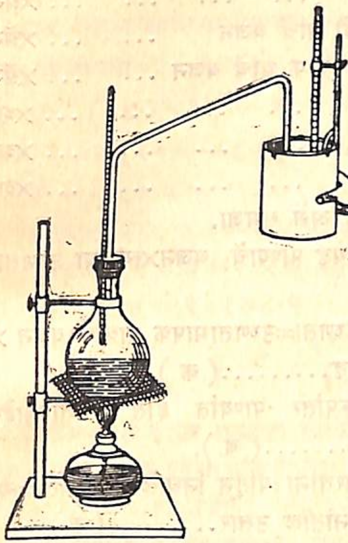
पाणी—	१००° श.
आल्कोहोल—	७८° "
टरपेन्टाईन—	१५९° "
ग्लिसरीन—	२९०° "

वाष्वीभवनाची अनुद्भूत उष्णताः—(Latent heat of vaporisation) उत्कलन बिंदूइतकें उष्णतामान झाल्यावर एक माप वजनाच्या द्रव पदार्थाचें रूपांतर उष्णतामान न बदलतां वाफेमध्यें होण्यासाठीं जी उष्णता लागते तिला त्या द्रव पदार्थाच्या वाष्वीभवनाची अनुद्भूत उष्णता म्हणतात.

पाण्याच्या बाष्पीभवनाच्या अनुद्भूत उष्णतेला वाफेची अनुद्भूत उष्णता असेंही म्हणतात.

वाफेची अनुद्भूत उष्णता काढणेंः—उत्कलन बिंदूइतकें उष्णतामान असलेल्या एक ग्रॅम पाण्याचें रूपांतर उष्णतामान न बदलतां वाफेमध्यें होण्यासाठीं जितकी उष्णता लागते तितकीच उष्णता उत्कलन बिंदूइतकें उष्णतामान असलेल्या वाफेचें रूपांतर उष्णतामान न बदलतां पाण्यामध्यें होत असतां तिच्यामधून बाहेर पडेल हें उघड आहे. तेव्हां वाफेची अनुद्भूत उष्णता काढणें झाल्यास ती उत्कलन बिंदूइतकें उष्णतामान असलेल्या एक ग्रॅम पाण्याचें रूपांतर वाफेंत करण्यासाठीं लागणारी उष्णता मोजून काढतां येईल किंवा एक ग्रॅम वाफेचें रूपांतर तितक्याच उष्णतामानाच्या पाण्यांत होत असतांना तींतून बाहेर पडणारी उष्णता मोजून काढतां येईल. दुसरी पद्धति व्यवहार्य व जास्त सोईस्कर आहे.

प्रयोग४९ वा:—एका चंबूमध्यें कांहीं पाणी घेऊन त्याला आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उष्णतामापक यंत्र व कांचेची वांकविलेली नळी बसविलेलें बूच बसवा व नंतर तो चंबू आकृतींत दाखविल्या प्रमाणें लोखंडी बैठकीच्या कड्यावरील तारेच्या जाळीवर ठेवून त्याच्याखालीं दिवा ठेवा व पाणी गरम होऊन उकळूं द्या. नंतर एक उष्णतामापक पात्र ढवळणीसह घेऊन त्याचें वजन करा. पुढें तें पाण्यानें सुमारें $\frac{2}{3}$ भरून त्याचें पुन: वजन करा म्हणजे त्यांत घेतलेल्या पाण्याचें वजन मिळेल. नंतर तें उष्णतामापक पात्र दुसऱ्या पात्रांत टांगून आंतील पाण्यांत उष्णतामापक यंत्र टांगून ठेवा व त्या पाण्याचें नक्की उष्णतामान पहा. चंबूतून नळीवाटें वाफ बाहेर जोरानें येऊं लागली म्हणजे वाफेचें स्थिर उष्णतामान पहा. नळीच्या टोंकाजवळ पाणी असेल तर तें पुसून टाका व उष्णतामापक पात्र वर उचलून नळीचें टोंक पाण्यामध्यें बुडून राहील अशा रीतीनें तें पात्र एका हातांत धरा. दुसऱ्या हातानें ढवळणीनें पाणी एकसारखें ढवळा व पाण्याचें उष्णतामान सुमारें दहा अंश वाढेपर्यंत वाफ पाण्यांत जाऊं द्या. नंतर उष्णतामापक पात्र बाजूला काढून पाण्याचें नक्की महत्तम उष्णतामान पहा. ह्यानंतर आंतील पाण्यासह उष्णतामापक पात्राचें वजन करा म्हणजे सांद्रीभवन पावलेल्या वाफेचें वजन मिळेल.



आकृति २८ वी.

प्रयोगांत घेतलेलीं निरीक्षणें पुढीलप्रमाणें मांडा.

१. उष्णतामापक पात्राचें वजन ... ... ×ग्रॅम

२. उष्णतामापक पात्र+थंड पाणी यांचें वजन ... ... ×ग्रॅम

३. उष्णतामापक पात्र+थंडपाणी+वाफ यांचें वजन ... ... ×ग्रॅम

४. थंड पाण्याचें उष्णतामान ... ... ×श.

५. वाफेचें उष्णतामान ... ... ×श.

६. पाण्याचें शेवटचें उष्णतामान ... ... ×श.

वाफेची अनुद्भूत उष्णता क्ष आहे असें समजा.

थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता=थंड पाण्याचें वजन×त्याच्या उष्णतामानांतील वाढ.........(अ).

उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली उष्णता=उष्णतामापक पात्राचें वजन × विशिष्ट उष्णता×उष्णतामानांतील वाढ.........(क).

उष्णतामान न बदलतां वाफेचें रूपांतर पाण्यांत होत असतां बाहेर पडलेली उष्णता=वाफेचें वजन×क्ष.........(च).

वाफेच्या पाण्याचें उष्णतामान उतरतांना त्यांतून निघालेली उष्णता=त्या पाण्याचें (वाफेचें) वजन×उष्णतामानांतील उतार.........(ट).

गरम पदार्थांनीं दिलेली उष्णता थंड पदार्थ घेतात, म्हणून

अ + क = च + ट

वाफेची अनुद्भूत उष्णता (क्ष) वरील समीकरण सोडवून मिळेल. ही सुमारें ५३६ कॅलरी असते असें अनेक प्रयोग करून आढळून आलें आहे.

उदा०:—१५० ग्रॅम वजनाच्या एका तांब्याच्या उष्णतामापकपात्रांत १५° श. उष्णतामानाचें २५० ग्रॅम पाणी घेतलें व त्यांत १००° श. उष्णतामानाची ३०·२ ग्रॅम वाफ सोडली. पाण्याचें उष्णतामाम ७८·५° श. पर्यंत चढतें; तर वाफेची अनुद्भूत उष्णता किती असली पाहिजे ? (तांब्याची वि. उष्णता ·१ आहे असें समजा.)

वाफेची अनुद्भूत उष्णता क्ष आहे असें समजा.

थंड पाण्यानें घेतलेली उष्णता=२५०×(७८·५−१५) कॅलरी.

उष्णतामापक पात्रानें घेतलेली उष्णता=१५०×·१×(७८·५−१५) कॅलरी.

वाफेचें रूपांतर पाण्यांत होत असतां बाहेर पडलेली उष्णता=३०·२×क्ष कॅलरी.

वाफ थिजून झालेल्या पाण्याचें उष्णतामान उतरतांना त्यांतून बाहेर पडलेली उष्णता=३०·२×(१००−७८·५) कॅलरी.

∴ २५० (७८·५−१५)+ १५०×·१ ×(७८·५−१५) = ३०·२×क्ष + ३०·२ (१००−७८·५)

∴ २५० × ६३·५ + १५ × ६३·५ = ३०·२ ×क्ष + ३०·२×२१·५

∴ २६५×६३·५ = ३०·२ ×क्ष + ३०·२ × २१·५

∴ १६८२७·५ = ३०·२ ×क्ष + ६४९·३

∴ ३०·२ ×क्ष = १६१७८·२

∴ $$क्ष = \frac{१६१७८·२}{३०·२} = ५३५·७$$

उत्कलन बिंदूवरून एकाद्या विविक्षित ठिकाणची उंची मोजणें:— एकाद्या ठिकाणचा हवेचा दाब ज्याअर्थी समुद्रसपाटीपासून जितक्या उंचीवर तें ठिकाण असेल, त्या उंचीवर अवलंबून असतो, व ज्याअर्थी पाण्याचा उत्कलनबिंदु त्यावरील हवेच्या दाबावर अवलंबून असतो त्या अर्थी तो (पाण्याचा उत्कलन बिंदु) पाणी ज्या ठिकाणीं उकळत असेल त्या ठिकाणच्या उंचीवर अवलंबून असला पाहिजे हें उघड होतें. जास्त उंच ठिकाणीं हवेचा दाब कमी असतो व म्हणून उत्कलन बिंदूही कमी असतो; खोल ठिकाणीं हवेचा दाब जास्त असतो व म्हणून उत्कलन बिंदूही जास्त उच्च असतो. पाण्याचा उत्कलन बिंदु व त्या ठिकाणची उंची ह्यामध्यें असा संबंध असल्यामुळें, एकाद्या विविक्षित ठिकाणची समुद्रसपाटीवरील उंची त्या ठिकाणीं पाण्याचा उत्कलन बिंदु पाहून आपल्याला अंदाजानें काढतां येते. समुद्रसपाटिवर पाण्याचा उत्कलन बिंदु १००° श. गृहीत धरला आहे. ज्या ठिकाणची उंची समुद्रसपाटीवर १०८० फूट आहे अशा ठिकाणी पाण्याचा उत्कलन बिंदु ९९° श असतो असें आढळतें. ह्याचप्रमाणें समुद्रसपाटीवरील उंचींतील दर १०८० फूट वाढीमुळें उत्कलन बिंदु १° श. नें कमी होतो. तेव्हां एकाद्या ठिकाणीं पाण्याचा उत्कलन बिंदु जर ९०° श.

असला तर त्या ठिकाणची समुद्रसपाटीवरील उंची सुमारें १०८०× १० फूट असते.

सांद्रीभवन ? **सांद्रीभवन (Condensation).**—द्रव पदार्थाला उष्णता लावली म्हणजे त्याची वाफ होते. ही वाफ थंड केल्यास तिचें पुनः द्रवांत रुपांतर होतें.

प्रयोग ४९ वा:—चंबूमध्यें पाणी उकळवून बाहेर पडणाऱ्या वाफेवर थंड पाण्यानें भरलेल्या भांड्याचा बाहेरील कोरडा भाग धरा. थोड्याच वेळांत त्या भागावर पाण्याचे लहान लहान बिंदु आढळून येतील.

पदार्थांच्या वाफेचें रुपांतर द्रवांत होण्याच्या क्रियेला सांद्रीभवन म्हणतात.

हिंवाळयांत प्रातःकाळीं घराबाहेर गवतावर पाण्याचे लहान लहान बिंदु चमकत असलेले आढळतात. ह्यांना आपण दंवबिंदु म्हणतो. हवेमध्यें पाण्याची वाफ नेहमीं कमीजास्त प्रमाणांत असते. हवेचें उष्णतामान बरेंच कमी झालें म्हणजे त्या कमी उष्णतामानावर सगळीच्या सगळी वाफ हवेंत राहूं शकत नाहीं. कांहींचें सांद्रीभवन होतें व पाण्याचे बिंदु जमिनीवरील पदार्थांवर बसलेले आढळतात.

उर्ध्वपातनः—४७ व्या प्रयोगांत दाखविल्याप्रमाणें त्या क्रियेंत बाष्पीभवन व सांद्रीभवन ह्या दोन्ही क्रियांचा समावेश होतो. मिठाच्या किंवा मोरचुदाच्या द्रावणाचें उर्ध्वपातन केल्यास ग्राहकामध्यें शुद्ध व निर्मळ पाणी मिळेल. त्याला पहिल्या बाबतींत मिठाची चव किंवा दुसऱ्या बाबतींत मोरचुदाचा रंग राहणार नाहीं.

पाणी व दुसरे द्रव पदार्थ अशुद्ध असल्यास त्यांचें शुद्धीकरण करण्याकरितां नेहमीं ह्या क्रियेची योजना करितात. मोठमोठीं गलबतें लांबचा प्रवास करीत असतांना, प्रवास संपेपर्यंत सर्व लोकांना पुरेल इतकें गोडें पाणी गलबतावर नसतें, तेव्हां गोड्या पाण्याचा पुरवठा समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचें उर्ध्वपातन करून करावा लागतो.

निरनिराळे उत्कलन बिंदु असलेल्या द्रव पदार्थांचें मिश्रण झालें असलें तर त्या पदार्थांना उर्ध्वपातन क्रियेनें वेगळे करितां येतें. कारण कमी उत्कलन बिंदूचा पदार्थ प्रथम ऊर्ध्वपातन होऊन ग्राहकामध्यें मिळतो व

उच्च उत्कलन बिंदूचा पदार्थ मागाहून दुसऱ्या ग्राहकामध्यें जमा करितां येतो.

हवेमध्यें असलेली पाण्याची वाफः—पाण्याची वाफ वास्तविक अदृश्य असते, पण ती थंड होऊन तिचें सांद्रीभवन झाल्यावर तयार झालेले पाण्याचे सूक्ष्म कण प्रकाश परावर्तन करूं शकतात व म्हणून ह्या सूक्ष्म कणांचा समुदाय कांहींसा अपारदर्शक होऊन दृश्य होतो. पाण्याच्या असल्या सूक्ष्म कणांच्या दृश्य समुदायालाच आपण चुकीनें वाफ म्हणतो.

हवेंत उघडें असलेल्या पाण्याचें बाष्पीभवन एकसारखें होतच असतें व म्हणून कोणत्याही दिवसांत हवेमध्यें पाण्याची वाफ थोडीबहूत असतेंच. हवेची वाफ ग्रहण करण्याची शक्ति तिच्या उष्णतामानावर अवलंबून असते. हवेचें उष्णतामान जसजसें वाढतें तसतसें ती जास्त जास्त वाफ ग्रहण करूं शकते. एखाद्या विशिष्ट उष्णतामानावर हवेनें जास्तींत जास्त वाफ ग्रहण केली असली म्हणजे त्या हवेला संपृक्त (Saturated) हवा म्हणतात. उच्च उष्णतामानावरील संपृक्त हवेंत जास्त वाफ असते; कमी उष्णतामानावरील संपृक्त हवेंत कमी वाफ असते.

हवा वाफेनें संपृक्त झाल्यावर तिचें उष्णतामान कमी झाल्यास उच्च उष्णतामानावर तिच्यामध्यें असलेली सर्व वाफ तिच्यांत राहूं शकत नाहीं; व म्हणून कांहीं वाफेचें सांद्रीभवन होऊन जमिनीवरील थंड पदार्थांवर दंव बिंदु बसलेले आढळतात.

ज्या उष्णतामानावर हवेंतील वाफेचें सांद्रीभवन होऊं लागतें त्या उष्णतामानाला दंवाचा बिंदु किंवा दंव पडण्याचें उष्णतामान म्हणतात.

धुकें, ढग व पाऊस.

हवेचें उष्णतामान कमी होऊं लागलें म्हणजे ती प्रथम तिच्यांत असलेल्या वाफेनें संपृक्त (Saturated) होते व नंतर त्या वाफेचे सांद्रीभवन होऊं लागतें. धुकें व ढग हे दोन्ही हवेंतील वाफेच्या सांद्रीभवनामुळेंच होतात; दोहींची जात एकच पण धुकें जमिनीजवळ असतें व ढग उंचावर असतात. जमिनीजवळील हवेचें उष्णतामान कमी होऊं लागलें म्हणजे तींतील वाफेचें सांद्रीभवन होऊं लागून शहराबाहेरील मोकळ्या हवेंत विशेषतः झाडीच्या ठिकाणीं व दऱ्याखोऱ्यांत धुकें दिसूं लागतें.

हिंवाळ्यांत सूर्यास्त झाल्यानंतर घराबाहेरील झाडीच्या ठिकाणाकडे धुकें दिसूं लागतें व जसजशी थंडी जास्त वाढतें तसतसें तें जास्त दाट होत जातें. सकाळीं प्रथम तें बरेंच दाट असतें पण सूर्य क्षितिजावर येऊं लागल्यावर तें हळूहळूं विरल होतें व कांहीं वेळानें नाहींसें होतें.

पाण्याची वाफ व हवा यांचें मिश्रण त्याच उष्णतामानाच्या हवेपेक्षां हलकें असतें. जमिनीजवळील वाफामिश्रित हवा तापली म्हणजे ती हवेच्या वरील थरांपेक्षां हलकी झाल्यामुळें वर चढतें. ती वर चढतांना जास्त जास्त थंड प्रदेशांतून जात असल्यामुळें तिचें उष्णतामान कमी होत जातें. शिवाय जसजशी ती वर चढते तसतसा तिजवरील दाब कमी कमी होत चालल्यामुळें या वाफमिश्रित हवेचें प्रसरण होतें व त्यामुळें तिच्यांतील कांहीं उष्णता खर्च होऊन तिचें उष्णतामान कमी होतें. ह्या वर चढत असलेल्या हवेचें उष्णतामान पुरेंसें कमी झालें म्हणजे तिच्यांतील वाफेचें सांद्रीभवन होऊन पाण्याचें सूक्ष्म कण बनतात व हवेंत उच्च प्रदेशांत तरंगत असणाऱ्या पाण्याच्या ह्या सूक्ष्म कणसमुदायालाच ढग म्हणतात.

उच्च प्रदेशांतील हा ढग हळूहळूं खालीं उतरूं लागतो, कारण त्यांतील पाण्याचे कण तेथील हवेपेक्षां जास्त वजनदार असल्यामुळें ते हवेंत तरंगत राहूं शकत नाहींत. ढगांतील पाण्याचें कण प्रथम जरी फार सूक्ष्म असतात तरी ते खालीं उतरत असतां स्वतःच्या कमी उष्णतामानामुळें त्यांच्या सान्निध्यांत येणाऱ्या खालील हवेंतील वाफेचें सांद्रीभवन करून तयार झालेल्या पाण्याच्या कणांशीं संयुक्त होतात व अशा रीतीनें हे कण मोठे बिंदु होत जातात. पाण्याचे बिंदु जसजसे मोठमोठे होतात तसतसे ते खालीं जास्त वेगानें येऊं लागतात व ते जमिनीवर पडून पाऊस मिळतो.

वाय्वीभवन होत असतां उत्पन्न होणारा थंडावाः—

प्रयोग ५० वाः—(१)दोन लहान बेसिनी घेऊन एकींत अल्कोहोल व दुसरींत तितकींच ईथर घ्या व त्यांचें उष्णतामान पहा. नंतर उष्णतामापक यंत्रें त्या द्रवपदार्थांत धरा. दोन्हींचीं उष्णतामानें कमी होतील पण ईथरचें उष्णतामान जास्त लवकर कमी होईल व ती वायुरूपांत जाऊन अगोदर नाहींशीं होईल. (२) दोन परीक्षण नळ्या घेऊन त्यांत सारख्याच

परिमाणाची ईथर घ्या व त्यांत उष्णतामापक यंत्र ठेवा. एकींत भात्याला जोडलेली कांचेची नळी ठेवा व भात्यानें तींतून ईथरमध्यें हवा बुडबुडवा. हवा बुडबुडविलेल्या ईथरची लवकर वाफ होतें व तिचें उष्णतामानही लवकर उतरतें.

द्रव पदार्थाचें वाय्वीभवन होत असतां त्या कार्याकरितां लागणारी उष्णता त्याला कुठून तरी मिळाली पाहिजे. दिव्याच्या उष्णतेशिवाय ज्यावेळीं द्रव पदार्थाचें वाय्वीभवन होत असतें त्यावेळीं त्या कार्याकरितां लागणारी उष्णता त्या पदार्थाला सभोंवतालील हवा व इतर पदार्थ ह्यापासून तरी मिळते किंवा त्या द्रव पदार्थामध्यें असणाऱ्या उष्णतेमधूनच तितकी उष्णता खर्च होते. ज्या पदार्थांचें वाय्वीभवन अगदीं हळूहळू होतें त्यांना त्यांच्या वाय्वीभवनाकरितां लागणारी उष्णता हवेंमधून व सभोंवतालील पदार्थांमधून मिळते व म्हणून असले पदार्थ वाय्वीभवन होत असतां थंड होत नाहींत. पण ज्या पदार्थांचें वाय्वीभवन फार जलद होतें त्यांना त्यांच्या वाय्वीभवनाकरितां लागणारी उष्णता सभोंवतालील पदार्थांपासून इतक्या जलद मिळत नाहीं, म्हणून त्या कार्याकरितां लागणारी उष्णता त्या पदार्थांमध्यें असलेल्या उष्णतेमधूनच खर्च होतें; व ह्यामुळें असल्या पदार्थांचें उष्णतामान कमी होऊन ते थंड होतात व आपल्या सान्निध्यांतील पदार्थांनाही थंड करितात. द्रव पदार्थांचें वाय्वीभवन जितकें जास्त जलद होतें तितकें ते जास्त लवकर थंड होतात.

हातावर थोडें पाणी घेऊन हात हवेंत इकडून तिकडे जोरानें हलविला म्हणजे हातावरील पाण्याचे बाष्पीभवन लवकर होतें व हात थंड होतो. पाण्याऐवजीं ईथर किंवा कार्बनबायसल्फाईड नांवाचा द्रव पदार्थ हातावर घेतला तर हे पदार्थ जलद वाय्वीभवन पावणारे असल्यामुळें हात पुष्कळ थंड होतो.

उन्हाळ्यांत पाणी थंड करण्याकरितां सछिद्र मडक्याचा उपयोग करितात. छिद्रामधून बाहेरील भागावर आलेल्या पाण्याचें लवकर बाष्पीभवन होतें व त्याकरितां लागणारी उष्णता पाण्यांतूनच खर्च होतें, व म्हणून आंतील पाणी थंड होतें. मडकें घरांत न ठेवितां बाहेर उघड्या हवेंत ठेवलें म्हणजे पाणी जास्त लवकर थंड होतें (कां ?)

ह्या प्रकरणांतील महत्वाच्या गोष्टी.

अनुद्भूत उष्णता:—उष्णतामान न बदलतां एक ग्रॅम घन पदार्थाचें द्रवीभवन होण्याकरितां किंवा एक ग्रॅम द्रव पदार्थाचें वाफ्वीभवन होण्याकरितां जी उष्णता लागते त्या उष्णतेला अनुद्भूत उष्णता म्हणतात.

पाण्याची अनुभवृत उष्णता:—०° श. उष्णतामानाच्या एक ग्रॅम बर्फाचें रूपांतर उष्णतामान न बदलतां पाण्यामध्यें होण्याकरितां जी उष्णता लागते त्या उष्णतेला पाण्याची अनुद्भूत उष्णता म्हणतात. ही ८० कॅलरी आहे.

वाफेची अनुभवृत उष्णता:—पाणी उकळूं लागल्यानंतर एक ग्रॅम पाण्याचें रुपांतर उष्णतामान न बदलतां (त्याच उष्णतामानावर) वाफेमध्यें होण्याकरितां जी उष्णता लागते त्या उष्णतेला वाफेची अनुद्भूत उष्णता म्हणतात. ही ५३६ कॅलरी आहे.

सांद्रीभवन:—द्रव पदार्थाची वाफ थंड होऊन तिचें परत द्रवांत रूपांतर होण्याच्या क्रियेला सांद्रीभवन म्हणतात.

ऊर्ध्वपातन:—प्रथम द्रवाला तापवून त्याचें वाफेंत रूपांतर करून व त्या वाफेला थंड करून तिचें परत द्रवांत रूपांतर करण्याच्या क्रियेला ऊर्ध्वपातन म्हणतात.

प्रश्नसंग्रह ६ वा.

१. दोन भांडीं आहेत. एकांत ०° श. उष्णतामानाचें २०० ग्रॅम पाणी आहे व दुसऱ्यांत ०° श. उष्णतामानाचें १०० ग्रॅम पाणी व १०० ग्रॅम बर्फ आहे. दोन्ही भांड्यांना सारखीच उष्णता लाविल्यास कोणत्या भांड्यांत उत्कलन (Boiling) प्रथम सुरू होईल हें कारणासहित लिहा.

२. पाण्याची अनुद्भूत उष्णता ८० आहे ह्या म्हणण्याचा अर्थ काय ? ६५° श. उष्णतामानाच्या ३० ग्रॅम पाण्यामध्यें ०° श. उष्णतामानाचें किती बर्फ मिळविलें असतां त्या पाण्याचें उष्णतामान १०° श. पर्यंत उतरेल ?

३. ५०° श. उष्णतामानाचें ६३·२ ग्रॅम तांबें बर्फांत टाकल्यास ३·८ ग्रॅम बर्फ वितळतें. बर्फ वितळण्याची अनुद्भूत उष्णता ७९ धरून तांब्याची विशिष्ट उष्णता काढा.

४. एका परातींत पाणी घेऊन तें हवेंत उघडें ठेविलें असतां त्याचें बाष्पीभवन होऊन तें लवकर नाहींसें होण्याकरितां हवा कशा प्रकारची असली पाहिजे ?

५. बर्फाच्या द्रवीभवनाची अनुद्भूत उष्णता म्हणजे काय ?

२५०° श. उष्णतामानापर्यंत तापविलेला पांच पौंडांचा लोखंडी गोळा वितळत्या बर्फांत टाकला तर किती बर्फ वितळेल ? (लोखंडाची वि. उ. = ·११४)

६. पाणी घेतलेल्या एका पातेल्यांत पितेळेची वेटाळें केलेली एक लांब नळी ठेविली आहे. पातेल्यांतील पाणी नळींतून उकळतें पाणी जाऊं दिल्यानें लवकर तापेल कीं त्याच उष्णतामानाची वाफ जाऊं दिल्यानें लवकर तापेल ? तुमच्या उत्तराला कारणें द्या.

७. २४° श. उष्णतामानाच्या २५० ग्रॅम पाण्यांत १० ग्रॅम वाफ सोडली. पाण्याचें उष्णतामान काय होतें तें सांगा.

८. पाण्यांत मीठ टाकून ढवळल्यावर त्या पाण्याचें उष्णतामान थोडें कमी होतें ह्याचें कारण काय ?

९. सारखी उष्णता लाविली असतां एक पौंड बर्फ अगोदर वितळेल कीं एक पौंड शिसें अगोदर वितळेल ?

१०. सारख्याच उष्णतामानापर्यंत तापविलेले सारख्या वजनाचे दोन तांब्याचे गोळे घेऊन त्यांपैकीं एक बर्फाच्या वडीवर ठेविला व दुसरा मेणाच्या वडीवर ठेविला. दुसरा गोळा अधिक खोल घुसतो याचें कारण काय ?

११. पाणी थंड करण्याकरितां झिलईच्या मडक्याचा उपयोग कां करीत नाहींत ?

१२. २८.५ ग्रॅम वजनाच्या तांब्याच्या उष्णतामापक पात्रांत ३०° श. उष्णतामानाचें ४२.३ ग्रॅम पाणी घेतलें व त्यांत १००° श उष्णतामानाची १.६ ग्रॅम वाफ सोडली. पाण्याचें उष्णतामान ५०.५° श. होतें. वाफेची अनुद्भूत उष्णता काढा.

१३. ०° श उष्णतामानाच्या १ किलोग्रॅम बर्फाचें रूपांतर ५०° श. उष्णतामानाच्या पाण्यांत होण्याकरितां त्यांत १००° श. उष्णतामानाची किती वाफ सोडिली पाहिजे ?

प्रकरण ६

उष्णतेचें निर्गमन—वहन, प्रापण व अरीभवन अथवा किरणविसर्जन.

आतांपर्यंत केलेल्या प्रयोगांवरून व आपल्या नेहमींच्या अनुभवावरून असें दिसून येतें कीं, उष्णता एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत शिरते किंवा एका पदार्थापासून दुसऱ्या पदार्थाकडे जातें. एका पदार्थापासून दुसऱ्या पदार्थाकडे उष्णता जाण्याच्या तीन रीति आहेत.

उष्णतेचें वहन.

पळीचें किंवा एकाद्या धातूच्या गजाचें एक टोंक विस्तवांत किंवा दिव्याच्या ज्योतींत धरलें तर लवकरच त्याचें दुसरेंही टोंक तापतें व कांहीं वेळानें तें हातांत धरवत नाहीं. उष्णता तापविलेल्या टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे कशा रीतीनें जाते हें पुढील प्रयोग केल्यावर समजेल.

प्रयोग ५१ वाः—एकाद्या धातूची एक लांब कांब घेऊन तिच्या एका बाजूला सारख्या अंतरावर मेणानें लांकडाच्या लहान गोळ्या (किंवा वाटाणे) चिकटवा. नंतर ती कांब चिकटविलेल्या गोळ्या खालच्या (जमिनीकडच्या) बाजूला राहतील अशा रीतीनें लांकडी बैठकीवर किंवा लांकडी पकडींत धरून तिचें एक टोंक तापवा.

गरम होत असलेल्या टोंकाकडील पहिली गोळी तेथील मेण प्रथम वितळून खालीं पडेल. नंतर तिच्यापुढची गोळी तेथील मेण वितळल्यामुळें खालीं पडेल. नंतर त्या टोंकापासून तिसरी, नंतर चवथी अशा अनुक्रमानें त्या गोळ्या एकामागून एक कांहीं वेळानें त्या ठिकाणचें मेण वितळून खालीं पडतील.

ह्या प्रयोगावरून असें सिद्ध होतें कीं, घन पदार्थाच्या तापविलेल्या टोंकांतून उष्णता प्रथम शेजारील भागांत जाते; तेथून पुढील शेजारच्या भागांत, तेथून पुढील भागांत अशा रीतीनें एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे जाते. मधले भाग सोडून ती एकदम दुसऱ्या टोंकाकडे जात नाहीं.

गरम होणाऱ्या पदार्थांत, गरम झालेल्या कणांतून शेजारच्या पुढील दुसऱ्या कणांत अशारीतीनें होणाऱ्या उष्णतेच्या निर्गमनाला उष्णतेचें वहन म्हणतात.

तांबें, लोखंड, कांच, लांकूड वगैरे निरनिराळ्या पदार्थांचे सारख्याच आकारमानाचे व लांबीचे दांडे घेऊन त्यांचें एक टोंक एकाच वेळीं विस्तवांत धरिल्यास कांहीं वेळानंतर त्या सर्वांचें दुसरें टोंक कांहीं सारखेंच गरम झालेलें आढळत नाहीं. तांबें व लोखंड यांच्या गजांचें दुसरें टोंक हातांत धरिल्यास तें थोड्याच वेळांत हाताला चटका देऊं लागतें; परंतु कांच व लांकूड यांच्या दांड्यांचें एक टोंक गरम होत असतां दुसरें टोंक आपण पुष्कळ वेळपर्यंत चटका बसल्याशिवाय हातांत धरूं शकतो. तांबें व लोखंड यांच्या गजांचें एक टोंक तापत ठेविल्यास दुसरें टोंक जलद गरम होतें. यांच्या तापविलेल्या टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे उष्णतेचें वहन होण्यास थोडा वेळ लागतो व म्हणून असल्या पदार्थांना शीघ्र उष्णतावाहक पदार्थ म्हणतात. सर्व धातू शीघ्र उष्णतावाहक पदार्थ आहेत.

कांच व लांकूड यांच्या दांड्याच्या तापत असलेल्या टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे उष्णतेचें वहन होण्यास फार वेळ लागतो व म्हणून असल्या पदार्थांना मंद उष्णतावाहक पदार्थ म्हणतात. धातूखेरीज बहुतेक सर्व घन पदार्थ, पाऱ्याखेरिज सर्व द्रव पदार्थ व सर्व वायू हे मंद उष्णतावाहक आहेत.

घनपदार्थांच्या उष्णतावाहक शक्तींची तुलना करणें:—निरनिराळ्या घनपदार्थांमध्यें कोणता पदार्थ जास्त शीघ्र उष्णतावाहक आहे हें पुढील प्रयोगानें स्थूल मानानें पाहतां येईल.

प्रयोग ५२ वा:—तांबें व लोखंड यांच्या सारख्या जाडीच्या व लांबीच्या कांबी घेऊन त्यांचीं एकीकडचीं टोंकें एकत्र जोडून त्यांना लांकडी बैठकीवर ठेवा. प्रत्येक कांबीच्या खालच्या बाजूस जोडापासून सारख्या अंतरावर लांकडाच्या लहान गोळ्या (वाटाणे किंवा बोरांतील लहान बिया चालतील) मेणानें चिकटवा. या कांबीच्या जोडाखालीं दिवा ठेवून त्यांस उष्ण करा. तांब्याच्या कांबीला चिकटविलेल्या गोळ्या जोडापासून त्यांच्या इतक्याच अंतरावर असलेल्या लोखंडी कांबीला

चिकटविलेल्या गोळ्यांपेक्षां जास्त अगोदर एकामागून एक खालीं पड-तात असें आढळून येईल.

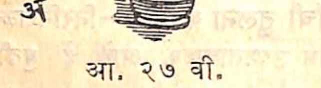
यावरून सिद्ध होतें कीं, लोखंडाच्या कांबीपेक्षां तांब्याच्या कांबींतून उष्णतेचें वहन जास्त जलद होतें. अर्थात तांबें लोखंडापेक्षां जास्त शीघ्र उष्णतावाहक आहे.

वरील प्रयोग एकाच वेळीं चार पांच पदार्थांच्या सारख्या जाडीच्या व लांबीच्या कांबी घेऊन देखील करितां येईल.

निरनिराळे प्रयोग करून घन पदार्थांच्या उष्णतावाहक शक्तींचें कोष्टक खालीं दिल्याप्रमाणें तयार केलेलें आहे. कोष्टकांतील अगोदरचा पदार्थ पुढच्या पदार्थापेक्षां जास्त शीघ्र उष्णतावाहक आहे.

१. चांदी.	४. पितळ.	७. शिसें.
२. तांबें.	५. कथील.	८. प्ल्याटिनम
३. सोनें.	६. लोखंड.	९. बिस्मथ.

प्रयोग ५३ वा:—अ ह्या पितळेच्या पोकळ रुळाला ब हा लांकडी रुळ जोडला आहे. पितळेच्या रुळाचा व लांकडी रुळाचा बाहेरील व्यास सारखाच आहे. ह्या रुळांच्या जोडा-भोंवतीं कागद घट्ट गुंडाळा व तो दिव्याच्या ज्योतीवर धरा. लांकडी रुळावर असलेला कागदाचा भाग लवकरच जळूं लागेल पण पितळेच्या रुळावर असलेल्या कागदाच्या भागावर ज्योतीचा विशेष परिणाम होणार नाहीं.



आ. २७ वी.

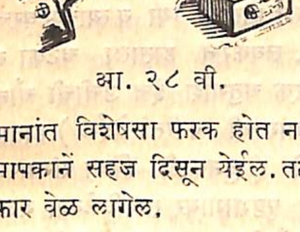
पितळ शीघ्र उष्णतावाहक असल्यामुळें त्यावरील कागदाला लागणारी उष्णता तें जलद वाहून नेतें व म्हणून त्यावरील कागदाचें उष्णतामान तो जळूं लागण्याइतकें वाढत नाहीं. लांकूड मंद उष्णतावाहक असल्यामुळें त्यावरील कागदाला लागणारी उष्णता तें जलद वाहून नेत नाहीं- व म्हणून त्यावरील कागदाचें उष्णतामान तो जळूं लागण्याइतकें वाढतें व कागद जळतो.

प्रयोग ५४ वा:—तांब्याची जाड तार पेन्सिलीभोंवतीं गुंडाळून तिचें वेटाळें (हेलिक्स) तयार करा व तें जळत्या मेणबत्तीच्या ज्योतीसभोंवतीं वातीला न लावतां धरा. ज्योत लवकरच विझून जाईल. ज्योत तारेच्या वेटाळ्यानें गुरगटून गेल्यामुळें विझते कीं, दुसऱ्या कांहीं कारणामुळें विझते ? तांबें शीघ्र उष्णतावाहक असल्यामुळें त्याची तार उष्णता इतक्या लवकर वाहून नेते कीं,त्यामुळें वात जळण्यास अवश्य तें उष्णतामान वातीभोंवतालील वायूचें राहत नाहीं व म्हणून ज्योत विझते. लोखंड किंवा एकाद्या मंद उष्णतावाहक धातूच्या तारेचें वेटाळें घेऊन हा प्रयोग केल्यास ज्योत विझणार नाहीं.

कागदाचा एक चौकोनी डबा तयार करून त्यामध्यें पाणी घेऊन त्या डब्याखालीं पेटविलेला दिवा ठेवला तर आंतील पाणी पुष्कळ गरम होतें पण डबा जळत नाहीं. डब्यांतील पाणी तळाशीं मिळणारी उष्णता शोषण करून घेतें व ह्यामुळें जळण्याला पुरेशी उष्णता त्या कागदी डब्याला मिळत नाहीं.

द्रवपदार्थांची उष्णतावाहकता.

प्रयोग ५५ वा:—एक परिक्षणनळी पाण्यानें सुमारें तीन चतुर्थांश भरा व तिला हातांत किंवा पकडींत धरून नळीच्या तोंडाजवळील पाण्याचा भाग तापेल अशा रीतीनें ती दिव्याच्या ज्योतीवर धरा. कांहीं वेळानें तोंडाजवळील पाणी उकळू लागलें तरी त्या ठिकाणापासून खालीं कांहीं अंतरावरील पाण्याच्या उष्णतामानांत विशेषसा फरक होत नाहीं; ही गोष्ट स्पर्शानें अथवा उष्णतामापकानें सहज दिसून येईल. तळाजवळील पाण्याचें उष्णतामान वाढण्यास फार वेळ लागेल.



आ. २८ वी.

ह्यानंतर परीक्षणनळीमधील पाणी टाकून देऊन तीमध्यें पूर्वींइतकेंच थंड पाणी पुनः घ्या व ती तळाशीं तापवा. थोड्याच वेळांत परीक्षण

नळीच्या तोंडाजवळचें पाणी हाताला गरम लागूं लागेल व त्याचें उष्णतामान एकसारखें वाढत चाललें आहे असें आढळून येईल व तें पुरेसा वेळ तापविल्यावर सगळें एकदम उकळूं लागेल.

ज्याअर्थी परीक्षण नळीच्या तोंडाजवळील पाणी तापविलें असतां तेथील उष्णता तळाजवळील पाण्याला पोहोंचण्यास अतिशय वेळ लागतो त्या अर्थी पाण्यांतून उष्णतेचें वहन अति मंदपणें होतें अथवा पाणी मंद उष्णतावाहक आहे हें सिद्ध होतें. पाणी जर मंद उष्णतावाहक आहे तर त्या नळीच्या तळाजवळील पाणी तापविलें असतां तोंडाजवळील पाणी जलद गरम कसें होतें ? अर्थात् परीक्षण नळीच्या तळाजवळील पाण्याला मिळणारी उष्णता तोंडाजवळील भागाला पोहोंचण्यासाठीं वहनाव्यतिरिक्त उष्णतेचें निर्गमन दुसऱ्या कोणत्या तरी क्रियेनें होत असलें पाहिजे.

दुसरा कोणताही द्रव पदार्थ घेऊन वरील प्रयोग केल्यास असें आढळेल कीं, पाऱ्याखेरीज सर्व द्रव पदार्थ मंद उष्णतावाहक आहेत व हे सर्व पाण्याप्रमाणें तळाशीं तापविलें असतां लवकर तापतात. पारा हा एकच द्रव पदार्थ शीघ्र उष्णता वाहक आहे; पण त्याची जमा धातूंमधें होते व धातू शीघ्र उष्णतावाहक पदार्थ आहेत. तेव्हां पारा एका सामान्य नियमाला जरी अपवाद असला तरी दुसऱ्या सामान्य नियमाला अनुसरूनच तो वागतो.

वायूंची उष्णतावाहकता.

प्रयोग ५६ वा:—सुमारें एक चतुर्थांश इंच जाडीचा चुनकळीचा किंवा संगमरवरी दगडाचा चौकोनी तुकडा हातावर घ्या व त्याच्या वरच्या भागावर तापविलेल्या गजाचें टोंक टेका. लवकरच हाताला चटका बसूं लागेल. नंतर तो तुकडा काढून टाकून एक चतुर्थांश इंच उंचीची चौकट (ही आगकाडीच्या पेटीच्या आंतील भागाची करितां येईल) हातावर ठेवा व त्यांत पूर्वीं घेतलेल्या पदार्थाची (चुनकळी किंवा संगमरवरी दगड) बारीक पूड भरा व नंतर तिच्या पृष्ठभागावर तापविलेल्या गजाचें टोंक टेका. गजाचें टोंक पूर्वीं घेतलेल्या चौकोनी तुकड्यावर ठेविलें असतां जितक्या वेळानंतर हाताला चटका बसूं लागला होता तितक्या वेळानंतर

आतां हाताला चटका बसत नाहीं; याचें कारण पुडीमध्यें असलेली हवा वरील भागाला मिळत असलेली उष्णता हाताकडे लवकर वाहून जाण्याला अडथळा करीत असली पाहिजे हें उघड होतें. अर्थात् त्या घन पदार्थापेक्षां हवा जास्त मंद उष्णतावाहक आहे हें सिद्ध होतें.

विस्तवांत एकाद्या धातूचा गज घातल्यास विस्तवाच्या बाहेर असलेलें त्याचें टोंक थोड्याच वेळांत हाताला गरम लागतें; परंतु त्याच्या जवळील बाजूची हवा त्यापेक्षां बरीच कमी गरम असते; अर्थात् हवा बरीच मंद उष्णतावाहक असली पाहिजे.

हवा जर शीघ्र उष्णतावाहक असती तर सूर्यापासून आपल्याकडे येणारी उष्णता हवेमधून वहनानें आली असती व त्या बाबतींत सूर्याजवळील हवेचें (उंच ठिकाणच्या हवेचें) उष्णतामान जमिनीजवळील हवेच्या उष्णतामानापेक्षां जास्त उच्च असतें; पण तशी स्थिति नाहीं व याचें कारण हवेची मंद उष्णतावाहकता हें आहे व यामुळें सूर्यापासून जमिनीकडे येणारी उष्णता वहनानें येत नसून दुसऱ्या निराळ्याच रीतीनें येते.

वायूंची उष्णतावाहकता द्रव पदार्थांपेक्षां कमी आहे, व ते अतिशय मंद उष्णतावाहक आहेत. मात्र ही गोष्ट प्रत्यक्ष प्रयोगानें दाखविणें बरेंच कठीण आहे.

वरील तत्वांचा व्यवहारांत होणारा उपयोग:—बर्फाच्या फॅक्टरीमध्यें तयार झालेलें बर्फ दुसऱ्या गांवाला पाठवितांना तें मंद उष्णतावाहक लांकडाचा भुसा व गोणपाट यामध्यें बांधतात. मंद उष्णतावाहक पदार्थांच्या वेष्टनामुळें बाहेरील उष्ण हवेचा परिणाम आंतील बर्फावर होत नाहीं, व म्हणून बर्फ पुष्कळ वेळपर्यंत वितळल्याशिवाय राहतें.

गरम दूध किंवा चहा पुष्कळ वेळपर्यंत गरम ठेवायचा असेल तर तो ज्या भांड्यांत ठेवला असेल तें भांडें लोंकरीच्या कपड्यानें (घोंगडी किंवा फ्लॅनेलनें) लपेटावें. लोंकरीचा कपडा मंद उष्णतावाहक असल्यामुळें तो आंतील उष्णतेला लवकर बाहेर जाऊं देत नाहीं व म्हणून भांड्यांतील गरम चहा किंवा दूध पुष्कळ वेळपर्यंत गरम राहतें.

हिंवाळ्यांत पुष्कळ वेळां विरजण लागत नाहीं याचें कारण विरजण टाकते वेळीं गरम असलेलें दूध पुढें लवकर थंड होतें व थंड दुधाला विरजण

बरोबर लागत नाहीं. विरजावयाचें गरम केलेलें दूध घाबळीच्या तुकड्यानें लपेटून ठेविलें म्हणजे तें बाहेरील थंड हवेमुळें लवकर थंड होत नाहीं व विरजण चांगलें लागतें.

मंद उष्णतावाहक पदार्थ, थंड पदार्थांचा उष्णतेपासून बचाव करितात व उष्ण पदार्थांचा बाहेरील थंडीपासून बचाव करितात. हिवाळ्यांत थंडीचें निवारण करण्याकरितां आपण शक्य असल्यास लोंकरीचे कपडे वापरतों. हे मंद उष्णतावाहक कपडे आपल्या शरीराची उष्णता बाहेरील हवेंत लवकर जाऊं देत नाहींत व अशा रीतीनें ते आपल्याला गरम राखतात. जे कपडे शरीरांतून बाहेर पडणारी उष्णता निघून जाऊं देत नाहींत, त्या कपड्यांना आपण गरम कपडे म्हणतों व जे कपडे शरीरांतून बाहेर पडणारी उष्णता निघून जाऊं देतात, त्या कपड्यांना आपण थंड कपडे म्हणतों. वास्तविक हे कपडे स्वतः गरमही नसतात व थंडही नसतात.

पदार्थांच्या उष्णतावाहक शक्तींच्या ज्ञानानें आपल्या रोजच्या पहाण्यांतल्या चमत्कारिक वाटणाऱ्या गोष्टींचीं कारणें सांगतां येतील. हिंवाळ्यांत पहाटेच्या थंड वेळीं एकाद्या खोलींत जाऊन निरनिराळ्या पदार्थांना स्पर्श केला असतां कांहीं पदार्थ दुसऱ्या पदार्थांपेक्षां जास्त थंड भासतात. धातूचे पदार्थ (लोखंडी पेट्या, पितळेचीं भांडीं वगैरे) लांकडी पदार्थांपेक्षां जास्त थंड भासतात व लांकडी पदार्थ (पाट, खुर्ची, मेज, वगैरे) लोंकरीच्या कपड्यापेक्षां जास्त थंड भासतात. वास्तविक पाहतां त्या एकाच खोलींतील ह्या सर्व पदार्थांचें उष्णतामान सारखेंच असतें; पण धातू शीघ्र उष्णतावाहक असल्यामुळें त्यांना स्पर्श केला असतां त्यांत हातांतील बरीच उष्णता त्वरित जाते. यामुळें हाताचें उष्णतामान कमी होतें व त्याला थंडीचा भास होतो. अशा रीतीनें वास्तविक हात स्वतः थंड होतो; पण त्याला तो पदार्थ जास्त थंड भासतो. आपलीं इंद्रियें आपल्याला फसवितात, ह्या गोष्टीचें हें एक उत्तम उदाहरण आहे. धातूंच्या पदार्थांपेक्षां लांकडी पदार्थ कमी थंड वाटतात; कारण लांकूड धातूपेक्षां कमी शीघ्रउष्णतावाहक आहे. लांकडी पदार्थांपेक्षां लोंकरीचा कपडा कमी थंड लागतो; कारण लोंकर अतिमंद उष्णतावाहक आहे.

उन्हाळ्यांत उन्हांत ठेविलेल्या याच पदार्थांस स्पर्श केल्यास वरील अनुभवाच्या अगदीं उलट अनुभव येतो. वास्तविक ह्या सर्व पदार्थांचें उष्णतामान सारखें असूनही धातूचे पदार्थ सर्वांत जास्त गरम भासतात व लोंकरीचे सर्वांत कमी गरम भासतात. ह्या सर्व पदार्थांचें उष्णतामान ह्या-वेळीं आपल्या हाताच्या उष्णतामानापेक्षां जास्त असतें. धातूंच्या पदार्थांना स्पर्श केला असतां त्यांच्या शीघ्र उष्णतावाहकत्वामुळें त्यांच्यापासून हाताला जलद उष्णता मिळते. यामुळें हाताचें उष्णतामान वाढतें व हात स्वतः जास्त गरम होतो; पण त्याला ते पदार्थच जास्त गरम भासतात. लोंकरीचा कपडा गरम भासत नाहीं याचें कारण त्याच्या मंद उष्णतावाहकत्वामुळें त्यामधून स्पर्श केलेल्या जागीं उष्णता जलद वाहून जात नाहीं व म्हणून हाताचें उष्णतामान विशेष वाढत नाहीं.

उष्णतेचें प्रापणः—घन पदार्थ उष्णतेच्या वहनक्रियेनें तापतात; पण द्रवपदार्थ व वायु मंद उष्णतावाहक असल्यामुळें वहनक्रियेनें तापण्यास त्यांना अतिशय वेळ लागतो. ह्या पदार्थांमध्यें उष्णतेचें निर्गमन कोणत्या क्रियेनें जलद होतें हें आतां पाहूं.

प्रयोग ५७ वा. एक बरीच रुंद असलेली बीकर घेऊन ती पाण्यानें सरासरी दोन तृतीयांश भरा, व ती तिपाईवर ठेवा. नंतर त्या पाण्यांत थोडा लांकडाचा बारीक भुसा टाका भुसा भिजतांच त्याचे कण जड होऊन ते तळाशीं बसतात.बीकरखालीं एका बाजूला लहान ज्योतीचा दिवा ठेवा. थोड्याच वेळांत ज्योतीवरील पाण्यांतील भुशाचे कण वर चढूं लागतात व वर चढलेले कण थंड बाजूंनीं खालीं येतात. अर्थात् गरम होत असलेल्या ठिकाणचें पाणी गरम होऊन गरम पाण्याचा प्रवाह वर जातो व ह्या वर जाणाऱ्या पाण्याची जागा बाजूचें थंड पाणी भरून काढतें हें उघड होतें. पाण्यामध्यें अशा तऱ्हेनें थंड व गरम पाण्याचे प्रवाह सुरू होण्याचें कारण काय ?



(आ. २९ वी.)

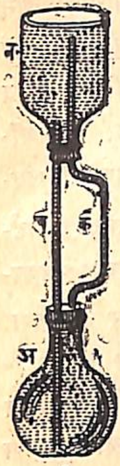
ज्योतीवरील पाणी गरम होऊन प्रसरण पावतें व अशा रीतीनें हें पाणी वरील थंड पाण्यापेक्षां हलकें झाल्यामुळें वर चढतें व बाजूचें थंड व जड पाणी त्याची जागा घेते व पृष्ठभागचें थंड पाणी खालीं उतरूं लागतें. गरम पाण्याची जागा घेणारें थंड पाणी पुनः तापतें व वर चढतें व त्याची जागा वरून उतरणारें थंड पाणी घेतें. अशा रीतीनें पाण्यामध्यें वर खालीं जाणारे प्रवाह सुरूं होऊन सर्व पाण्यांत उष्णता पसरते व पाणी पुरेसा वेळ तापविल्यास पुढें उकळूं लागतें.

कोणताही द्रव पदार्थ अशाच रीतीनें जलद तापतो व तो तापत असतांना त्याचे तापत असलेल्या ठिकाणचे कण स्थलांतर करून पदार्थामध्यें सर्वत्र उष्णता पसरवितात.

तापलेल्या कणांचें स्थलांतर होऊन पदार्थाच्या एका भागापासून दूसऱ्या भागाकडे होणाऱ्या उष्णतेच्या निर्गमनाला 'प्रापण' असें म्हणतात. द्रव पदार्थ तापतांना त्यामध्यें वर खालीं जाणारे जे प्रवाह सुरूं होतात त्यांना प्रापण प्रवाह म्हणतात. पदार्थांचे कण स्थलांतर करूं शकतील तरच तो तापत असतां त्यामध्यें प्रापण प्रवाह चालणें शक्य आहे. घन पदार्थांचे कण उष्णतेमुळें दूर सरकतात पण ते द्रवपदार्थ व वायु यांच्या कणांप्रमाणें स्थलांतर करूं शकत नाहींत (पाहिजे त्याप्रमाणें भ्रमण करूं शकत नाहींत); म्हणून त्यामध्यें उष्णतेनें प्रापण प्रवाह उत्पन्न होणें अशक्य आहे व म्हणून घन पदार्थ प्रापण क्रियेनें तापत नाहींत. द्रव पदार्थ व वायु यांचे कण स्थलांतर करूं शकतात व हे पदार्थ प्रापण क्रियेनें जलद तापतात.

पाणी गरम होत असतां खालचें गरम व हलकें पाणी वर येतें व त्याची जागा वरील थंड व जड पाणी खालीं येऊन घेतें ही गोष्ट पुढील प्रयोगानें स्पष्टपणें दिसून येईल.

प्रयोग ५८ वा:—अ हा चंबू असून ब ही बिनबुडाची शिशी आहे. ह्या दोन भांड्यांना दोन भोंकांची रबरी बुचें बसवून त्यांना क व च ह्या दोन कांचेच्या नळ्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें जोडल्या आहेत. चंबूत रंगीत पाणी भरून वरील शिशींत साधें पाणी क नळीच्या टोंकावर जाईपर्यंत ओता. प्रयोग करण्याच्या वेळीं चंबू लोखंडी बैठकीच्या कड्यावर तारेच्या जाळीवर ठेवा व चंबूची व शिशीची मान पकडींत धरा. अशा रीतीनें उपकरणाची सिद्धता केल्यावर चंबूच्या खालीं पेटविलेला दिवा, च नळीच्या खालील टोंकाच्या बरोबर खालीं न येईल अशा रीतीनें जरा एका बाजूला ठेवा. चंबूतलि पाणी गरम होऊं लागल्यानंतर कांहीं वेळानें चंबूतील रंगीत पाणी क नळींत चढूं लागतें व वरील शिशींत जातें, व वरील शिशींतील थंड पाणी च नळींतून खालीं चंबूत उतरूं लागतें. अशारीतीनें प्रापण प्रवाह सुरूं होऊन वरील शिशींतील पाणी प्रत्यक्ष उष्णता न लागतांही तापतें.

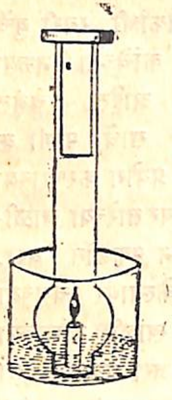


आ. ३० वी.

वायूमध्यें उत्पन्न होणारे प्रापण प्रावाह:—द्रव पदार्थांच्या कणांपेक्षां वायूंचे कण जास्त गतीनें फिरत असतात व म्हणून उष्णतेनें त्यांच्यामध्यें जास्त जोराचे प्रापण प्रवाह उत्पन्न होतात. वायूमधील प्रापण प्रवाह पाहण्याकरितां आपण हवेचें उदाहरण घेऊं. उष्णतेमुळें हवेमध्यें उत्पन्न होणारे प्रापण प्रवाह पुढील प्रयोगानें स्पष्टपणें दिसून येसील.

प्रयोग ५९ वा:—एका उथळ वाटींत मेणबत्तीचा एक लहान तुकडा बसवून तींत थोडें पाणी ओता (कशाकरितां ?) नंतर ती मेणबत्ती पेटवून तिच्यावर सुमारें दीड इंच व्यासाची दिव्याची चिमणी ठेवा. थोड्याच वेळांत मेणबत्तीची ज्योत लहान लहान होत जाऊन काजळ जास्त देऊं लागते व शेवटीं विझते असें तुम्हाला आढळेल.

ह्यानंतर आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें कापलेला कार्डबोर्डचा तुकडा चिमणीवर ठेवून चिमणीच्या वरच्या भागाचे दोन भाग करा. मेणबत्ती पुनः लावून तीवर आतां चिमणी ठेवा. आतां मेणबत्ती चांगली जळते व विझत नाहीं असें तुम्हाला आढळेल. चिमणींतून कार्डबोर्डचा पडदा काढून घ्या; मेणबत्ती लवकरच विझून जाईल. जळत्या मेणबत्तीवर कार्डबोर्डसहित चिमणी ठेवा व कार्डबोर्डच्या पडद्याच्या दोन्ही बाजूला चिमणीच्या तोंडावर बोटें धरा. एकीकडचा भाग गरम लागेल. अर्थात ह्या भागाकडून गरम हवा वर येते हें उघड होतें. नंतर धुमसून धूर देणारी कागदाची गुंडाळी दुसऱ्या भागावर धरा. ह्या भागाकडून धूर खालीं उतरतो व पहिल्या भागाकडून धूर वर चढतो असें तुम्हाला आढळेल. ह्यावरून कार्डबोर्डनें चिमणीच्या केलेल्या दोन भागांपैकीं एका भागानें चिमणीच्या तळाजवळ गरम झालेली हवा वर येते, व दुसऱ्या भागानें बाहेरील थंड हवा आंत जाते व बाहेर गेलेल्या हवेची जागा घेते हें उघड होतें.



आकृति ३१

चिमणीवरील कार्डबोर्डचा पडदा काढून घेतल्यावर मेणबत्ती कां विझते ? मेणबत्ती जळत असतां उत्पन्न होणारे वायू व ज्योतीसभोंवतील हवा यांचें गरम मिश्रण वरील थंड हवेपेक्षां हलकें असल्यामुळें वर चढतें. घेतलेल्या अरुंद चिमणीच्या तोंडावर कार्डबोर्डचा पडदा नसतो त्यावेळीं ज्योतीसभोंवतलि अशुद्ध हवा उष्णतेनें प्रसरण पावून वर चढत असतांना बाहेरील शुद्ध हवेला आंत येऊं देत नाहीं व ज्वलन क्रियेला अवश्यक असणाऱ्या शुद्ध हवेच्या अभावीं मेणबत्ती विझते. चिमणीवर कार्डबोर्डचा पडदा ठेविल्यावर आंतील गरम अशुद्ध हवा पडद्यामुळें झालेल्या दोन मार्गांपैकीं एका मार्गानें वर जाऊन बाहेर पडते; व तिची जागा बाहेरील

शुद्ध व थंड हवा दुसऱ्या मार्गानें आंत जाऊन घेते व अशा रीतीनें ज्वलन-क्रिया चालण्यास अवश्यक असणाऱ्या शुद्ध हवेचा पुरवठा आंतमध्यें होतो.

ज्वलनक्रिया चालण्यास ज्योतीला आक्सिजनचा पुरेसा पुरवठा केला पाहिजे; व ह्याकरितां ज्योतीसभोंवतालील हवा वारंवार बदलली पाहिजे. असें न झाल्यास ज्योत विझते व म्हणूनच एकाद्या रिकाम्या शिशींत जळती मेणवत्ती धरिल्यास ती लवकर विझते. मेणवत्तीच्या ज्योतीवर जर रुंद तोंडाची सरळ नळी धरिली तर मेणबत्ती पहिल्यापेक्षां जास्त चांगलीं जळतें; ह्याचें कारण ज्योतीसभोंवतालील गरम झालेली अशुद्ध हवा सरळ वर चढते व बाजूची थंड हवा ज्योतीकडे जोरानें घुसते व अशा रीतीनें ज्योतीला शुद्ध हवेचा व म्हणून आक्सिजनाचा पुरवठा पहिल्यापेक्षां जास्त होतो व यामुळें मेणबत्ती पहिल्यापेक्षां जास्त चांगली (झगझगीत) जळते.

आतांपर्यंतच्या विवरणावरून घरामध्यें हवा चांगली खेळती राहण्यास कशा प्रकारची व्यवस्था केली पाहिजे तें सहज समजेल. आपल्या श्वासोच्छ्वसन क्रियेंत अशुद्ध व उष्ण हवा आपल्या नाकांतून बाहेर पडत असते. ही हलकी असल्यामुळें वर जाते. ही अशुद्ध हवा खोलीच्या बाहेर लवकर पडण्याकरितां छपराजवळ खिडक्या असाव्यात व बाहेरील शुद्ध व थंड हवा खोलींत येण्याकरितां जमिनीजवळ खिडक्या असाव्यात. ह्याप्रमाणें घराला दुहेरी खिडक्या असल्या म्हणजे हवेचा प्रवाह एकसारखा घरांत खेळत राहतो व घरांतील हवा शुद्ध, शीतळ व उत्साहवर्धक अशी होते.

उष्णतेचें किरणविसर्जन.

आपण विस्तवाजवळ कांहीं अंतरावर बसलों, तर विस्तवास स्पर्श न करितां आपणांस विस्तवाच्या उष्णतेचें ज्ञान होतें. त्याचप्रमाणें सूर्यप्रकाशांत उभे राहिलों तर थोड्याच वेळांत सूर्याकडील आपलें अंग तापतें व जास्त वेळ उभें राहिल्यास आपल्या अंगाला चटके बसूं लागतात. विस्तवाकडून किंवा सूर्याकडून आपल्याकडे येणारी उष्णता कशी येते ? आपण व सूर्य किंवा विस्तव यांमध्यें असणारी हवा मंद उष्णतावाहक आहे. शिवाय उष्णतेच्या ह्या उगमापासून आपल्याकडे येणारी उष्णता जर हवेमधून वह-

नानें येत असती तर उगमाजवळील हवा उगमापासून जास्त अंतरावरील हवेपेक्षां जास्त उष्ण असायला पाहिजे; पण वास्तविक स्थिति तशी नाहीं. दिवसां सूर्याच्या उष्णतेमुळें पृथ्वी तापत असतां, पृथ्वीच्या पृष्ठभागाजवळील हवेपेक्षां उच्चप्रदेशांतील हवा जास्त थंड असते. शिवाय सूर्य व पृथ्वी यांच्यामध्यें सर्वत्र हवा नाहीं. तेव्हां सूर्याकडून पृथ्वीकडे येणारी उष्णता हवेमधून वहनानें येत नसली पाहिजे हें उघड होतें.

प्रापणानें होणारें उष्णतेचें निर्गमन उष्णतेच्या उगमस्थानापासून नेहमीं वरील भागाकडे होतें, खालच्या भागाकडे होत नाहीं; म्हणून सूर्यापासून खालीं पृथ्वीकडे उष्णता प्रापणाक्रियेनें येणें शक्य नाहीं. तेव्हां सूर्यापासून आपल्याकडे येणारी उष्णता तिसऱ्याच एकाद्या पद्धतीनें येत असली पाहिजे.

सूर्यापासून आपल्याकडे किंवा पदार्थांकडे येणारी उष्णता मधील हवेला उष्ण न करतां आपल्या अंगावर व पदार्थांवर येऊन पोहोंचते व आपलें अंग व पदार्थ तापतात. आपण आपल्या डोक्यावर छत्री धरली म्हणजे सूर्याच्या उष्णतेपासून आपला बचाव होतो. ह्याचप्रमाणें सूर्य व पदार्थ ह्यामध्यें पडदा धरिला तर पदार्थ तापत नाहींत; अर्थात् मधील पडद्यामुळें सूर्याची उष्णता त्या पदार्थाला पोहोंचत नाहीं हें उघड होतें. ह्यावरून सूर्यापासून येणारी उष्णता सरळ रेषेंत येत असली पाहिजे. असें नसतें तर सूर्याच्या उष्णतेपासून पदार्थांचा अगर आपला बचाव मध्यें एकादा पडदा धरून करितां आला नसता. आपण व सूर्य यांमध्यें एकादा पदार्थ आणून —मग तें घर, छत्री किंवा झाड असो—आपल्याला सूर्याच्या उष्णतेपासून आपला बचाव करितां येतो याचें कारण सूर्याच्या उष्णतेचें निर्गमन सरळ रेषेंत होतें हें होय.

पाण्यानें भरलेला कांचेचा चंबू किंवा उभय बाह्य गोल भिंग ह्यांच्या योगानें जर सूर्याची उष्णता पलीकडे कागदाचा तुकडा धरून त्यावर एकीकृत केली तर कागदाचा तेवढा भाग पुष्कळ तापतो व जळतो सुद्धां. चंबूतील पाण्याचें किंवा भिंगाचें उष्णतामान कांहीं विशेष वाढत नाहीं; तेव्हां चंबूतील पाणी किंवा भिंग प्रथम गरम होऊन नंतर त्यापासून कागदाला उष्णता मिळते असें कांहीं नाहीं. तथापि चंबूतील पाण्यांतून किंवा भिंगांतून पलीकडे कांहीं तरी जाऊन त्यामुळें कागद तापतो हें

व कांहींचें पुनःशोषण होईल.
चंबूतील पाण्यावर किरण पडले तरी
 तो किंवा पाणी गरम ११३ होत नाही का?

उघड आहे. पाण्यांतून किंवा भिंगांतून पलीकडे जाऊन ज्यांच्या योगानें पलीकडील कागद तापतो त्यांना उष्णतेचे किरण म्हणतात. उष्ण पदार्थापासून उष्णतेचे किरण सर्व बाजूंनीं सरळ रेषेंत निघतात व ते ज्या पदार्थावर जाऊन पोहोंचतात ते पदार्थ गरम होतात.

उष्ण पदार्थापासून विसर्जित झालेले उष्णतेचें किरण पदार्थावर पडले म्हणजे तो पदार्थ त्या किरणांपैकीं कांहीं शोषण करील व कांहीं परावर्तित करील. प्रकाश किरणांचें परावर्तन ज्या नियमांना अनुसरून होतें त्याच नियमांना अनुसरून उष्णतेच्या किरणांचेंही परावर्तन होतें.

पदार्थाची परावर्तक शक्ति त्याच्या गुळगुळीतपणावर अवलंबून असते व निरनिराळ्या पदार्थांची परावर्तक शक्ति निरनिराळी असते. पितळेचा गुळगुळीत पत्रा सर्वांत उत्तम परावर्तक व चांदीच्या गुळगुळीत पत्र्याची परावर्तक शक्ति ह्याच्या खालोखाल असते. जे पदार्थ उष्णतेचें किरण जास्त परावर्तित करितील ते अर्थातच कमी किरण शोषण करितील; तेव्हां चांगलें परावर्तक वाईट शोषक असतात हें उघड होतें व यावरूनच निरनिराळ्या पदार्थांची शोषक शक्ति निरनिराळी असली पाहिजे हेंही पण सिद्ध होतें.

पदार्थांच्या पृष्ठभागाच्या रंगाचा त्यांच्या शोषक व विसर्जक शक्तीवर होणारा परिणाम आणि पदार्थांची उष्णतेचें किरण शोषण करण्याची व विसर्जन करण्याची शक्ति यांचा परस्पर संबंधः—

प्रयोग ६० वा. अः—पितळेचा एक चकचकीत डबा, एक टिनाचा चौकोनी डबा व बाहेरील बाजू काजळानें काळी केलेला टिनाचा आणखी एक चौकौनी डबा असे तीन सारखे डबे घ्या व प्रत्येकाला घट्ट बसेल असें बूच घेऊन त्यांत उष्णतामापक बसवा. नंतर प्रत्येक डब्यांत एकाच उष्णतामानाचें (सुमारें १००° श. उष्णतामानाचें) सारखें पाणी घ्या व त्यांना त्यांचीं बुचें उष्णतामापकाचा फुगा पाण्यांत बुडलेला राहील अशा रीतीनें घट्ट बसवा. प्रत्येक डब्यांतील पाण्याचें उष्णतामान पहा व तें सारखें नसेल तर सारखें करा. नंतर ते डबे वारा येत नसेल अशा थंड ठिकाणीं ठेवा व वीस किंवा पंचवीस मिनिटांनंतर सर्वांचीं उष्णतामानें पहा. पितळेच्या डब्याचें उष्णतामान सगळ्यांत कमी उतरलेलें आढळेल. व काळा

केलेल्या डब्याचें उष्णतामान सर्वांत जास्त उतरलेलें आढळेल. यावरून काळा केलेल्या डब्यांतून उष्णतेचें विसर्जन सर्वांत जास्त होत असलें पाहिजे व पितळेच्या चकचकीत डब्यांतून उष्णतेचें विसर्जन सर्वांत कमी होत असलें पाहिजे हें उघड होतें.

ब:—वरील डबे आतां सारख्याच उष्णतामानाच्या थंड पाण्यानें भरा व त्यांना सारखी उष्णता मिळण्याकरितां तापवून लाल केलेल्या लोखंडी गोळ्याभोंवतीं सारख्या अंतरावर टांगून ठेवा किंवा तापत असलेल्या तव्यावर सारख्या अंतरावर टांगा. वीस किंवा पंचवीस मिनिटानंतर त्यांची उष्णतामानें पहा. काळा केलेल्या डब्याचें उष्णतामान सर्वांत जास्त चढलेलें व पितळेच्या चकचकीत डब्याचें उष्णतामान सर्वांत कमी चढलेलें आढळून येईल. यावरून काळा डबा उष्णतेचे किरण सर्वांत जास्त शोषण करितो व पितळेचा डबा सर्वांत कमी शोषण करितो हें सिद्ध होतें.

वरील दोन प्रयोगांवरून दिसून येईल कीं, जो पदार्थ जास्त उष्णता शोषण करितो तो पदार्थ थंड होतांना उष्णतेचें विसर्जनही जास्त करितो. अर्थात् ज्या पदार्थांची उष्णताशोषक शक्ति जास्त असते त्यांची उष्णता-विसर्जक शक्तीही जास्त असते.

ज्यांची परावर्तक शक्ति जास्त त्यांची शोषक शक्ति कमी व विसर्जक शक्तीही कमी. ज्यांची परावर्तक शक्ति कमी त्यांची शोषक शक्ति जास्त व विसर्जक शक्तीही जास्त.

वरील तत्वांचा व्यवहारांत होणारा उपयोग:—चकचकीत व जिल्हईदार (Polished) भांडीं चांगलीं परावर्तक असल्यामुळें त्यांत उष्णता लवकर शिरत नाहीं व त्यांतून उष्णतेचें विसर्जनही लवकर होत नाहीं; म्हणून दूध किंवा चहासारखा पदार्थ जास्त वेळपर्यंत गरम ठेवावयाचा असल्यास तो चकचकीत व जिल्हईदार भांड्यांत ठेवावा. कारण अशा भांड्यांतून उष्णता लवकर विसर्जित होत नाहीं व म्हणून ह्यांत ठेवलेले पदार्थ जास्त वेळ गरम राहतात. ज्या भांड्यांत चहा करणें, किंवा दुसरा पदार्थ ऊन करणें असेल त्यांचें बूड काळें व खरबरीत असणें चांगलें. कारण काळ्या व खरबरीत पृष्ठभागांतून उष्णतेचें शोषण चांगलें होतें. याकरितांच स्वयंपाक करण्याचीं किंवा पाणी तापविण्याचीं भांडीं काळीं

व खरबरीत बुडाचीं असणें चांगलें. भांड्याच्या बुडास राख लावण्यानें भांडें जळत नाहीं ऐवढेंच नव्हे तर त्यायोगानें उष्णतेचें शोषण होण्यास साह्य होतें.

पदार्थांच्या रंगाचा त्यांच्या शोषक व विसर्जक शक्तीवर बराच परिणाम होतो. पांढरे पदार्थ उष्णता जास्त परावर्तित करतात व कमी शोषण करितात. ह्यांच्या उलट काळ्या पदार्थांची गोष्ट असते.

ही गोष्ट इतर पदार्थांच्या बाबतींत जरी सर्वस्वी खरी नसली तरी कपड्यांच्या बाबतींत सर्वस्वी खरी आहे.

पांढरे पदार्थ उन्हांत लवकर तापत नाहींत व ते उष्णतेचें विसर्जनही लवकर करीत नाहींत, याकरितां उन्हाळ्यांत उन्हानें तापून उष्णतेचा त्रास होऊं नये म्हणून व हिवाळ्यांत शरीरांतील उष्णतेचें विसर्जन लवकर होऊन थंडीचा त्रास न व्हावा म्हणून पांढरे कपडे वापरणें चांगलें. काळे कपडे चांगले शोषक व विसर्जक असल्यामुळें उन्हांत लवकर तापतात व थंडीच्या वेळीं लवकर थंड होतात म्हणून वापरण्याला ते चांगले नाहींत.

ह्या प्रकरणांतील महत्त्वाच्या गोष्टीः—

उष्णतेचें निर्गमन तीन प्रकारांनीं होतें.

(१) वहनानें (२) प्रापणानें (३) किरण विसर्जनानें. पदार्थाच्या एका कणांतून शेजारच्या दुसऱ्या कणांत अशा रीतीनें होणाऱ्या उष्णतेच्या निर्गमन पद्धतीला '**वहन**' म्हणतात.

वायू द्रव पदार्थांपेक्षां मंद उष्णतावाहक आहेत व द्रव पदार्थ बहुतेक घन पदार्थांपेक्षां मंद उष्णतावाहक आहे. घन पदार्थांपैकीं धातू शीघ्र उष्णतावाहक आहेत.

तापलेल्या कणांचें स्थलांतर होऊन पदार्थामध्यें एका भागापासून दुसऱ्या भागाकडे होणाऱ्या उष्णतेच्या निर्गमनाला '**प्रापण**' म्हणतात.

ज्या पदार्थांचे कण स्थलांतर करूं शकतात असलेच पदार्थ (द्रवपदार्थ व वायु) म्हणजे प्रवाही पदार्थच फक्त प्रापण क्रियेनें तापतात. घन पदार्थ प्रापणानें तापत नाहींत.

मधील हवा गरम न करितां एका पदार्थापासून दुसऱ्या पदार्थाकडे सरळ रेषेंत होणाऱ्या उष्णतेच्या निर्गमनाला '**किरण विसर्जन**' म्हणतात.

उष्णतेचे चांगले शोषक पदार्थ चांगले विसर्जकही असतात. चांगले परावर्तक मंद शोषक व मंद विसर्जक असतात.

प्रश्नसंग्रह ७ वा.

१. गरम दुधाचा चिनीमातीचा पेला हातांत धरवतो पण चांदीचा पेला हातांत धरवत नाहीं याचें कारण काय ?

२. उन्हाळ्यांत किंवा हिवाळ्यांत लांकडाचा दांडा हातांत धरणें त्रास दायक होत नाहीं पण धातूचा तुकडा हातांत धरणें त्रासदायक होतें ह्याचें कारण काय ?

३. पारा शीघ्र उष्णतावाहक आहे व पाणी मंद उष्णतावाहक आहे हें तुम्ही कसें दाखवाल ? हिंवाळ्यांत एकाच उष्णतामानाचे पारा व पाणी ह्यांना स्पर्श केला असतां पारा जास्त थंड भासतो व उन्हाळ्यांत तो जास्त गरम भासतो ह्याचें कारण काय ?

४. भांड्यामधें पाणी घेऊन तोंडाजवळ तापविल्यास तें सर्व तापण्यास पुष्कळ वेळ लागतो, पण बुडाजवळ तापविल्यास लवकर तापतें याचें कारण काय ?

५. वहन व प्रापण यांमधील फरक स्पष्टपणें दाखवा. अ आणि ब ह्या दोन परिक्षण नळ्यांमध्यें पाणी घेऊन अ मध्यें बर्फाचा एक तुकडा पाण्यावर तरंगत ठेविला आहे व तेवढ्याच बर्फाच्या तुकड्याला वजनी पदार्थ बांधून तो ब परिक्षण नळीमध्यें पाण्यांत तळाशीं बुडविला आहे. अच्या बुडाशीं उष्णता लाविली व सारखीच उष्णता बच्या तोंडाजवळ लाविली कोणत्या परिक्षणनळीमधील बर्फ प्रथम वितळेल तें कारणासहित सांगा.

६. एक चांदीचा चमचा व चांदीचा मुलामा दिलेला एक पितळेचा चमचा उकळत्या पाण्यांत ठेविले आहेत. कांहीं वेळानंतर त्या चमच्यांच्या पाण्याबाहेरील टोंकांस स्पर्श केल्यास चांदीच्या चमच्याचें टोंक हाताला जास्त गरम लागतें याचें कारण काय ?

७. हिंवाळ्यांत सकाळीं एका माळ्यानें आपल्या फावड्याचा लोखंडी भाग एका हातांत धरिला व लांकडी दांडा दुसऱ्या हातांत धरिला. लोखंडी भाग त्याला जास्त थंड वाटला ह्याचें कारण काय ?

८. लोखंडाचा एक चकचकीत व निल्हईदार पत्रा व दुसरा खरबरीत पत्रा विस्तवासमोर धरिल्यास चकचकीत पत्रा खरबरीत पत्र्यापेक्षां कमी गरम होतो ह्याचें कारण काय ?

९. उष्णतेचें परावर्तन, शोषण व विसर्जन ह्यांचा एकमेकांशीं कशा तऱ्हेचा संबंध आहे तें सांगा.

१०. चकचकीत पृष्ठभागाच्या भांड्यांत पाणी लवकर तापेल कीं वापरून काळवटलेल्या भांड्यांत तें लवकर तापेल ? असल्या दोन भाड्यांत सारख्या उष्णतामानापर्यंत पाणी तापवून तीं थंड होण्यासाठीं एकीकडे ठेविल्यास कोणचें भांडें लवकर थंड होईल व कां ?

११. विस्तवासमोर तापण्याकरितां ठेविलेलें भांडें चकचकीत असलें तर लवकर तापेल कीं काळें व खरबरीत असलें तर लवकर तापेळ हें कारणासहित सांगा.

१२. उकळणारें पाणी जाड कांचेच्या शिशींत ओतलें तर बहुधा ती शिशी तडकते ह्याचें कारण काय ?

१३. घन पदार्थ तापण्याची क्रिया व प्रवाही पदार्थ तापण्याची क्रिया ह्यामध्यें काय फरक आहे ? हा फरक कशामुळें असतो ?

१४. थंडीच्या दिवसांत लोंकरीचे कपडे वापरणें चांगलें कां ? ‘गरम कपडा’ ह्याचा खरा शास्त्रीय अर्थ काय ?

प्रश्नांना उत्तरें.

प्रश्नसंग्रह २ रा.

(३.)–१०° श.

प्रश्नसंग्रह ३ रा.

(५.) ९·२७ घ. सेंटि. (९.) २८७·५ घ. सेंटि.
(१०.) १३·६८ सेंटिमिटर कापड गिऱ्हाइकाला जास्त मिळतें.

प्रश्नसंग्रह ४ था.

(१.) ४५० कॅलरी. (२.) १५ ग्रॅम. (३.) ४९·५ कॅलरी.
(४.) ४० ग्रॅम. (५.) २५° श.

प्रश्नसंग्रह ५ वा.

(१.) ७५० कॅलरी. (५.) ४·३५ ग्रॅम.
(७.) ८७·७ ग्रॅम. (९.) ७८° श. (१०.)·०९४.
(११.) २२·३° श. (१२.)·०९१.

प्रश्नसंग्रह ६ वा.

(२.) १८·३ ग्रॅम. (३.)·०९५. (५.) १·७८ ग्रॅम.
(७.) ४७·५° श. (१२.) ५२८·९ कॅलरी.
(१३.) २२१·८ ग्रॅम.

शुद्धिपत्र.

पान	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
३	१	फरग्युसनच्या	फरग्यूसनच्या
८	२	घऊन	घेऊन
१२	९	कांहीं वेळ	कांहीं वेळा
१२	११	ब्यवहारांत	व्यवहारांत
१८	२५	अस	असा
२१	१७	दिवा	फुगा
२३	२४	भिन्ना	भिन्न
२४	९	भोंकाच्या	भोंकाच्या
२५	६	Ceutigraae	Centigrade
३३	३	राहलि	राहील
३५	१	selsius	celsius
३५	३	फॉरेनहीट	फॅरेनहीट
३५	१५	रीमरची	रूमरची
३५	२२	हैड्रोक्लोरिक	हैड्रोक्लोरिक
३७	२	शतभाग	शतांश
४२	२१	घडवि	घडीव
४४	९	(१+य^{३})	(१+य)^{३}
४४	११	क्ष	य
४८	१२	दाढ्यांचा	दाढर्यांच्या
४८	१४	हाऊन	होऊन
४८	२१	उष्णतामानाघर	उष्णतामानावर
४८	२७	त्याचें	त्यांचें

पान	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
५०	१९	गोष्टींसुळें	गोष्टींमुळें
५९	१३	प्रमाणमापाला म्हणतात	प्रमाणमापाला कॅलरी म्हणतात
५९	१७	१ श.	१° श.
६८	१३	उष्णतामाफक	उष्णतामापक
७२	३	उष्णतामापक पत्राचें	उष्णतामापक पात्राचें
७२	१०	पाहूत	पाहून
७२	११	मिश्वण	मिश्रण
७५	२	$\frac{४१\cdot३७ \quad २\cdot८}{१९\cdot१७ \quad ६५}$	$\frac{४१\cdot३७\times२\cdot८}{१९\cdot१७\times६५}$
७७	३	८०°	८०° श.
७८	२०	उष्णता माफक	उष्णतामापक
७९	१०	प्रदार्थ	पदार्थ
८२	७	ब	व
८२	१२	पदर्थाची	पदार्थाची
९०	१	चंद्रमष्यें	चंद्रमध्यें
९५	२१	धुके	धुकें
१०८	१२	दूसऱ्या	दुसऱ्या
११२	१	उगमाजवळलि	उगमाजवळली
११६	१	चागल	चांगले
११७	१	खरबरति	खरबरीत
११७	२	खरबरति	खरबरीत

प्रस्तावना

२	१०	पाज्ञपाठशाळेचे	प्राज्ञपाठशाळेचे

पान २०—अ व क ह्या चंबूंना लाविलेल्या नळ्यांतील द्रवाची उंची प्रयोगारंभीं सारखीच पाहिजे.

पान ४६—दोन प्रयोगावर २५ हा एकच आंकडा चुकीनें पडला आहे.

पान ७६—तिसऱ्या उदाहरणांत दुसऱ्या ओळींत 'उष्णतामानाचा तितकाच पारा आहे' असें पाहिजे.

पान ९१—'प्रयोग ४९ वा' च्या ऐवजी 'प्रयोग ४८ वा' असें पाहिजे.

आकृत्यांमध्यें ठिकठिकाणीं ब्लाकला बसविलेल्या खिळ्यांच्या डोक्यांचे छाप उमटले आहेत; त्यांचा आकृत्याशीं कांहीं संबंध नाहीं.
